فن صناعة المعادن

الدكتور مهندس

محمد بكير مصطفي بكير

الطبعة الأولى

2013م

الناشر

مكتبة الوفاء القانونية

محمول: 0020103738822 الإسكندرية





مقدمــة

إن معـدن الحديـد هـو مـن أهـم الأساسيـات في علمنـا منـذ ألاف السنين وقد أستعملة الإنسـان الأول بعد إكتشافة لهاذا المعدن وطور الإنسـان علي مر الزمان وأصبح يدخل في كل شئ تحتاجة الحيـاة علي هـذة الأرض . فهـي تدخل فـي تشيد المنشآت المعماري وتصنيع الأسلحة الحربية وصناعة السفن والطائرات فإن هذا المعدن الذي حباة اللة بقدرتة علي أن يشكل أدوات ومعدات الحيـاة . ومع التطور العلمي الذي نحن بصدده والذي يوضح ما هو هذا المعدن وكيفية إستنساخ معادن أخري حسب الحاجة إليها.

والمعـادن الحديديـة وهـي عبـارة سبائـك مـن الحـديد المخلوطة مع الكربون وعناصر أخري ومنها السليكون والفسفور والكبريت وغيرها من المواد.

إن العلم الحديث قد طور صناعة المعادن لإستخدامها في شتي المجلات الحياتية للإنسـان وأصبحت مـن أساسيات أسلوب الحياه العملية للفرد والمجتمع والترابط التجاري بين الدول بعضها ببعض .

نتمنـي أن تقـدم هـذه الصفحـات تفسـيرا علميـا عـن تكنولوجيا صناعة المعادن ومشتقاتها .

المؤلــــف




القسم الأول
انتاج المعادن الحديدية
و غير الحديدية





البـاب الأول

انتاج الحديــد الزهــر



تنقسم سبائك الحديد والكربون حسب نسبة الكربون فيها ، إلي صلب وزهر ، فالسبائك التي تحتوي علي كربون بنسبة لا تزيد عن 2٪ تعد صلبا ، أما التي تحتوي علي كربون بنسبة أكثر من ذلك فتعتبر من الحديد الزهر . وفي الواقع فإن نسبة الكربون في أنواع الزهر المصهور عنليا تتراوح بين 2,5 – 4,5 ٪ ويستخلص الحديد الزهر في الأفران العالية (ويسمي عند صبة منها بتماسيح الحديد)، أما الصلب فيحصل علية بالتحويل من الزهر .

والجزء الأكبر من الزهر المستخلص في الأفران العالية يستعمل لإنتألج الصلب . كما أن جزءا من هذا الزهر يستعمل لإنتاج المسبوكات الزهر .

1- **المواد الأولية لاستخلاص الحديد الزهر بأفران العالية** :

هذه المواد هي خام الحيد والوقود والفلكس .

**** خامات الحديد :**

هي خامات طبيعية تحتوي علي مختلف أنواع الأكاسيد الحديدية وما يعرف بأسم المادة العاطلة وهذة المادة العاطلة تتكون عادة من السليكا (SiO_2) والإلومينا (Al_2O_3) وأكسيد المغنسيوم (MgO) وتتحدد صلاحية خام الحديد للإستخلاص بنسبة الحديد فية وبتركيب المادة العاطلة ، وبوجود عناصر ضارة مختلطة بة ومن هذه العناصر .." الكبريت – والفسفور – والزرنيخ وغيرها .

و من خامات الحديـد الصنـاعي :-

خام الحديد المغنطيسي :

وهـو يحتـوي عـلي الحديـد فـي شـكل أكسـيد الحـديد المغنطيسى (Fe_3O_4) ونسبـة الحديـد في هـذا الخـام تتـراوح عـادة بيـن 45 – 70 ٪ والخـام ذو خـواص مغنـاطيسـية ، شـديـد الكثـافـة ، أسـود اللـون ، ويوجـد هـذا الخـام في الـورال وسيبريـا ومقـاطعـة كـورسيك .

خام الهـاتيت الأحمـر :

وهـو عبـارة عـن أكسـيد الحـديـد غيـر مـائي (Fe_2O_3) وتتـراوح نسـبة الحـديد في هـذا الخـام مـن 50 – 60٪ ولـونـة أحمـر داكـن . وإختـزالـة أسـهـل بكـثـير مـن خـام الحـديـد المغناطيسـي . ويتـواجد هـذا الخـام في حوض كـريفـوي .

خام الليمـونيت (الهمـاتيت البني) :

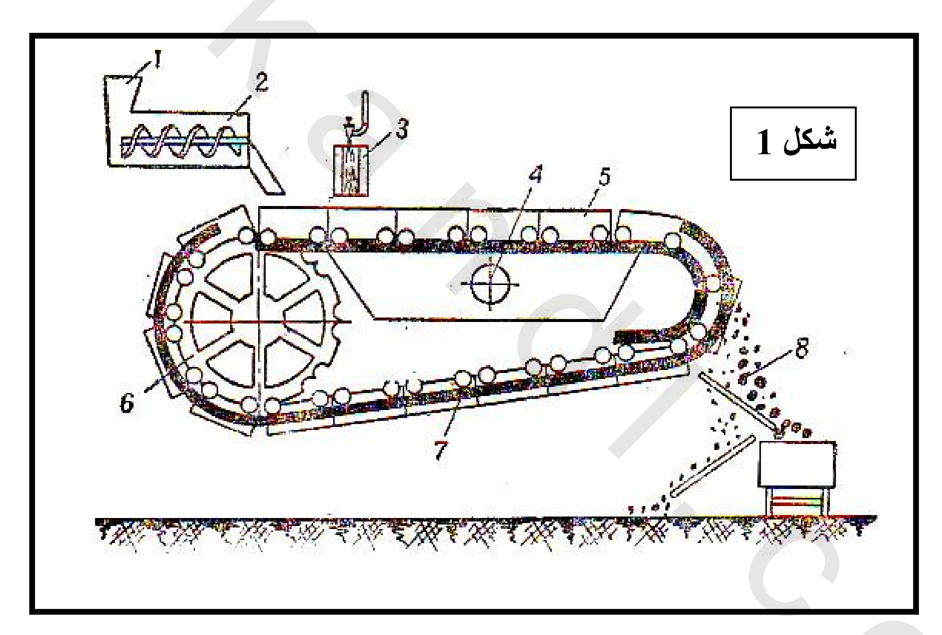
وهـو عبـارة عن أكسـيد الحـديدالمائي ($2Fe_2O_3.3H_2O$) ونسبـة الحـديد فيه من 20- 60٪ ولـونـة بنـي ذو صبغـات مختـلفة . وهـو سـهل الإختزال مـمـا يجعل إستخـلاص الحـديد الـزهـر إقتصـاديـا حتي الأنـواع غير الغنيـة منـة ويـوجد فـي جبـال الاورال وحـوض ضـواحي مـوسـكـو .

خام كـربـونـات الحـديد (السـبار) :

وهـو عبـارة عـن كـربـونـات الحـديـد (Fe_2CO_3) وتتـراوح نسبة الحـديد فية عمليا من 30- 42٪ ولـونة رمـادي مـصفـر . وخـام السبـار سـهل الإختـزال .

– تحضير وتركيز الخام:

إن عمليات تحضير الخام وتركيزه التكسير ة الفرز و التجميص والغسيل والتركيز الكهرومغناطيسي والتلبيد ، ويتوقف سير عملية الإستخلاص في الفرن العالي وإستهلاك الوقود وجودة الزهر المستخلص علي حسن تحضير الخام ، ويتم التكسير في كسارات مخروطية أو وجهية ويفرز الخام المكسر علي هزازات أو غرابيل تفصل الأحجار الكبيرة عن الصغيرة، وهذة الأخيرة فيما بعد يجري تلبيدها أي تجميعها وتسويتها إلي أحجار كبيرة .



الشكل رقم : 1- رسم لتركيب ماكينة تلبيد الخام

1- صندوق 2- الخلاط 3- مشعل 4- غرفة التخلخل 5- عربة
6- ترس محرك 7- قضيب 8- غربال هزاز 0

وتفرز الأحجار الكبيرة حجم 30- 100مم الناتجة الي درجات وترسل للصهر . ولجعل الخام مساميا وسهل الإختزال وخاليا من الشوائب الضارة يجري تحميص الخام . ويغسل الخام بالماء إذا كان يحتوي علي نسبة كبيرة من الطين والرمل والطفل .. إلخ فعند الغسيل يحمل تيار قوي من الماء هذة المادة العاطلة بعيدا عن الخام ويركز الخام إذا كان ذا خواص مغناطيسية في مجاهز خاصة تقوم فيها مغناطيسيا كهربائية بالتقاط أجزاء الخام وتلقي المادة العاطلة غير المغناطيسية بعيدا ، أما الأحجار الصغيرة وغبار الخام المتطاير الراجع من قمة الفرن العالي فتلبد للحصول علي أحجار كبيرة . وماكينة التلبيد ي الشكل السابق (رقم 1) عبارة عن جنزير حامل مجموعة من العربات الصغيرة تتحرك في دورة مغلقة وهي تحمل علي القضبان الموجودة علي هذه العربات طبقة يصل سمكها إلي 250مم من خلطة مبللة من الخام والوقود المفتت ويشعل الوقود بواسطة مشعل ويسحب تيار الهواء من أعلي لأسفل وتتولد عند اشعال الوقود درجة حرارتة 1200 – 1300 ^{o}م ويتم معها تسوية أجزاء الخام الصغيرة إلي أجزاء كبيرة مسامية تصلح لعملية الصهر في الأفران العالية. وقد بدئ في الوقت الحاضتر في تلبيد ختليط من الخام والوقود والفلكس (الأساسي) للحصول علي مركب مختلط بالفلكس، وترفع هذه الطريقة كثيرا من إنتأجية الأفران العالية وتقلل إستهلاك الوقود عند صهر الحديد الزهر.

الوقود :

الوقود هو مادة عضوية تتكون من جزء قابل للإشتعال وجزء غير قابل للإشتعال (ويسمي بالجزء العاطل) والأجزاء القابلة للإشتعال هي الكربون والهيدروجين أما الجزاء العاطلة فهي

الرطوبة والرماد والكبريت، والكبتريت وإن كانت تتولد عند إشتعالة حرارة، الا أنه يعتبر مادة غير مرغوب فيها لأنة يسئ خواص المعدن عند اختلاطة بة . ويجب علي وقود الفران العالية أن يكون ذا حجم محدد ومتانة كافية، ومقاومة جيدة للإنسحاق . كما يجب ألا ينشق عند درجات الحرارة العالية وأن يحتوي علي أقل كمية من الشوائب الضارة التي يمكن أن تختلط بالمعدن، وأن تتكون عند أحراقة أقل كمية من الرماد، وأن يكون ذا قدرة كبيرة علي توليد الحرارة وثمن رخيص، **ويستعمل أساسا** في الأفران العالية كوقود فحم **الكوك ونادرا الفحم الخشبي** .

فحم الكوك:

هو أهم أنواع الوقود المستعملة للصهر بالأفران العالية ويحصل علي الكوك بالتقطير الإتلافي للفحم الحجري، ويجتري انتاج الكوك في أفران خاصة عند درجة حرارة 1000 – 1100 °م ، والكوك الجيد لونة رمادي فضي فاتح وهو غير ملوث للأيدي، مسامي بشكل واضح وعلي سطحة شقوق، ويحتوي علي 85 – 87٪ كربون و1,5 – 2,0 ٪ كبريت 5 - 9٪ ماء و10- 13٪ رماد والقيمة الحرارية للكوك 7000 – 8000 كيلوكالوري /كجم وتبلغ مقاوتة للإنسحاق 140 كجم /سم2، فتتميز أنواع الكوك الجيد بنسبة ضئيلة من الرماد والرطوبة وبنسبة نوعية صغيرة من الكبريت في تركيبها ومن مزايا إرتفاع قيمتة الحرارية ومساميتة ومقاومتة العالية للإنسحاق والتهشم ورخص ثمنة، ويستعمل الكوك في الأفران العالية علي شكل قطع يبلغ حجمها من 30- 80مم .

الفحم الخشبي :

ويحصل علية بتقطير الخشب في أفران خاصة، والفحم الخشبي الجيد لونة أسود لامع ويتركب من 80 – 90٪ C ، 10- 12 ٪ (H+O+N) ورماد من 0,6 إلي 1٪ وقيمتة الحرارية 65000 - 8000 كيلوكالوري / كيلو جرام 0والمزايا الأساسية لهذا الفحم (الفحم الخشبي) هي عدم وجود الكبريت وإنخفاض نسبة الرماد أما عيوبة فهي إنخفاض متانتة (نحة 20 كج /سم2) وإرتفاع ثمنة، ويستعمل الفحم الخشبي عند صهر الأنواع الجيدة من الحديد الزهر فقط

الفلكس :

هو مادة معدنية توضع في الفرن العالي فتتحد مع المادة العاطلة للخام ورماد الوقود مكونة خبثا سهل الإنصهأر، وعند وجود الشوائب الرملية أو الطينية في الخام يستعمل الحجر الجيري كفلكس أما اذا كانت المادة العاطلة جيرية التكوين فتستعمل بمثابة فلكس مواد تحتوي علي السليكا والكوارتز والحجر الرملي والكوارتزيت، ويكسر الفلكس قبل الصهر إلي قطع حجمها من30- 80 مم .

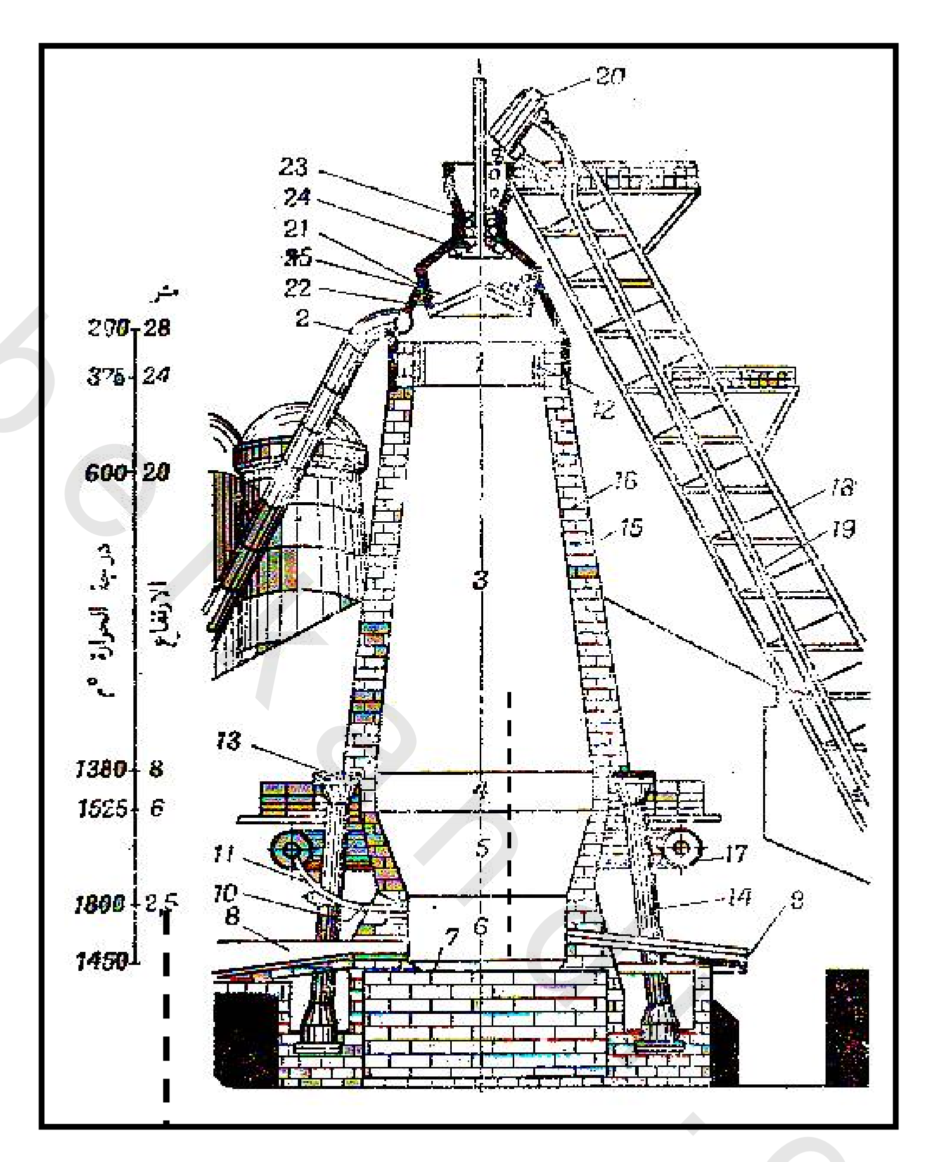
3- **الفرن العالي وتركيبة** :

الفرن العالي هو عبارة عن جهاز مركب جبار، متواصل العمل، وتصل انتاجيتة الي 2000 طن من الحديد الزهر في اليوم (24ساعة) ولقد وضع العلماء تصاميم للأفران العالية الحديثة وعلي رأسهم العالم الروسي م.أ.بافلوف . وفي الشكل التالي 3 مقاطع

تبين التركيب الداخلي لفرن عالي حديث، والجزء العلوي (1) من الفرن يسمي القمة، وبالقمة جهاز ناثر لإنزال الشحنة ومواسير (2) لخروج الغازات (تخرج منها) غازات الفرن العالي ويؤول هذا الجزء إلي مخروطي (3) ويسمي بالقصبة أما أكثر أجزاء الفرن إتساعا (4) فيسمي بمنطقة الإنصهار وتقع تحتة الأكتاف (5) ويليها الكور (6) وهو ذو شكل أسطواني ويسمي قاع الكور (7) القعر، وعلي مستوي القعر توجد قناة صب الزهر (8) وتستخدم لخروج الحديد المنصهر وأعلي منها بقليل قناة (9) لخروج الخبث المنصهر وفي الجزء العلوي من الكور توجد علي محيطه من 12 إلي 18 فتحة مركب بها أجهزة (10) انفخ الهواء (تويير) وبطانة الفرن (16) مصنوعة من الطوب الحراري الشاموت وتركيبة بالتقريب 50- 65٪ SiO_2 ، 35- 42٪ Al_2O_3 ، 1,5 – 3٪ Fe_2O_3 وتراوح مقاومتة للحرارة بين 1580 – 1730°م والفرن مغطي بغلاف (15) ملحوم أو مبرشم من ألواح الصلب (الصاج) وتوضع في بطانة الكور القرميدية والأكتاف مواسير (مردات) يجري فيها الماء بإستمرار ويرسل تيار من الهواء الساخن في أنبوبة الهواء (17) فيسير في الأكواع المثنية (11) حتي يصل إلي فتحات دخول الهتواء (التويير) ويصل الإرتفاع النافع (منطقة التشعيل) للفرن العالي الذي يعمل بالفحم الخشبي إلي 20 مترا والأرتفاع النافع للفرن هو المسافة من قعر الفرن حتي مستويإنزال الشحنة، ويسخن الهواء الذي يدخل إلي الفرن العالي خلال فتحات الهواء (التويير) في مسخنات للهواء عبارة عن أبراج (1) (شكل3) مبطن بالطوب الحراري ومغطاة من الخارج بغلاف (2) من الصلب وتوجد داخل البرج غرفة الإحتراق 3 وقلب من الطوب (4) بة عدد من القنوات ويمر خليط من غاز الفرن

العالي والهواء الي المسخن خلال الماسورة (5) ويشعل هذا الخليط في غرفة الإحتراق وتخرج نواتج الإحتراق إلي القبة (6) ومنها تسير خلال قنوات القلب وتخرج من المدخنة إلي الجو 0 وبعد تسخين القلب (2- 3ساعات)توقف تغذية الخليط وتقفل المدخنة ويدفع في البرج خلال ماسورة (8) هواء بارد فيسخن عند مروره في القلب الي درجة 800°م ويسير في الأنبوبة (9) إلي مواسير الهواء الساخن المتصلة بالماسورة الحلقية للفرن العالي وتستمر التغذية بالهواء الساخنلمدة ساعة تقريبا .

وتقوم بتغذية الفرن من 3- 5 مستتات للهواء تعمل علي التوالي فيما بينها ، أحدهما (يغذي) الفرن بالهواء الساخن والأثنان الباقيتين في فترة التسخين بالغاز . ويشغل الفرن العالي الحديث في الفترة 24 ساعة كمية ضخمة من المواد الخام ولهذا فجميع العمليات الخاصة بتجهيز الخامات وشحنها تتم ميكانيكيا كماأنهتا مزودة الي حد كبير بوسائل الإدارة الاوتوماتيكية ، ولكي يسير العمل في الفرن سيرا طبيعيا يجب أن تحستب مقدما نسب الخام ولوقود والفلكس المجهزة ويسمي **خليط الخام** والوقود والفلكس بالنسب المحسوبة مقدما (بالشحنة) وتنزيل الشحنة في صناديق للأستقبال توجد بجانب ومنها تنزل إلي عربات – ميزان تحملها بعد الوزن علي عربات صغيرة خاصة (أسكيب) ترفع مع ما تحملة من خام إلي أعلي الفرن بواسطة رافعة مائلى أنظر شكل(1)



1- قبة الفرن، 2- ماسورة خروج الغاز، 3- القصبة، 4- منطقة الصهر، 5- الأكتاف ،6- الكور، 7- القعر، 8 - قناة صب الزهر، قناه الخبث، 10- التويير (فتحات الهواء)11- كوع الهواء، 12- حلقات، 13- حلقة السند، 14- مسند، 15- الغلاف الخارجي ،16- البطانة 17- أنبوبة الهواء، 18- رافعة عربات الشحن، 19- قضيب، 20- عربة شحن، 21- القمع الكبير، 22- المخروط الكبير، 23- القمع الصغير، 24- المخروط الصغير، 25- مواد الشحن

ويتكون جهاز النثر (شكل1) المركب بأعلي الفرن العالي من مخروط كبير 22 ومخروط صغير 24 وقمعين 21 و 23 وتشحن مواد الشحنة من العربة 20 (الأسكيب) في القمع الصغير 23 وعندما يكون المخروط الصغير 24 مغلقا وعند أنزال المخروط الصغير الصغير تتساب المواد إلي القمع الكبير 21 وبعد هذا الأخير ينزل مخروطة 22 فتنزل الشحنة إلي الفرن وفي هذا الوقت يكون المخروط الصغير مرفوعا ومغلقا وبهذا يمنع خروج غازات الفرن إلي الجو، وبهذه الطريقة يضمن احكام الفرن أثناء عملية الشحن ونظام الشحن كلة في الأفران العالية الحديثة أوتوماتيكي تماما .

3- عملية الاستخلاص بالفرن العالي :

يوجد في الفرن العالي عند عملية تياران متواصلان متضان الإتجاه فمن أعلي إلي أسفل ينزل الخام وفحم الكوك والفلكس الداخلة إلي الفرن ومن أسفل إلي أعلي تصعد نواتج أحتراق الكوك والهواء الساخن، ويسخن الكوك عند نزول ة بواسطة الغازات الساخنة الصاعدة، وعند تلامسة بالهتواء المدفوع في الجزء الأسفل من الفرن يحترق حسب التفاعل : $C+O2 = CO2+$ 97,65 Kcal وعند إحتراق الكوك ترتفع درجة الحرارة إلي 1600 – 1750 ^{o}م ويتفاعل ثاني أكسيد الكربون المتكون مع الطبقات الجديدة من الكوك المتوهج فيختزل إلي أول أكسيد الكربون حسب التفاعل :

$CO_2 + C = 2CO - 37,7lKCal$ ويصعد الخليط الغاز المتوهج الذي يتكون من أول أكسيد الكربون وحامض الكربونيك وأزوت الهواء إلي أعلي فيتلامس مع مواد الشحنة ويسخنها بإسمرار مما يخلق في أجزاء الفرن المختلفة مناطق حرارية مختلفة، فعند القمة والجزء الأعلي من القصبة يجف الخام النازل وتظهر بة شقوق وفي الجزء الأوسط من القصبة وما تحتها عند درجة حرارة 400 – 900 ^{o}م يتفاعل أول أكسيد الكربون مع الخام فيختزلة تدريجيا حسب التفاعلات الأتية :

$$3Fe_2O_3+CO = 2Fe_3O_4 +8870 Cal$$

$$2Fe_3O_4 + 2CO + 6FeO + 2CO_2 - 9980Cal.$$

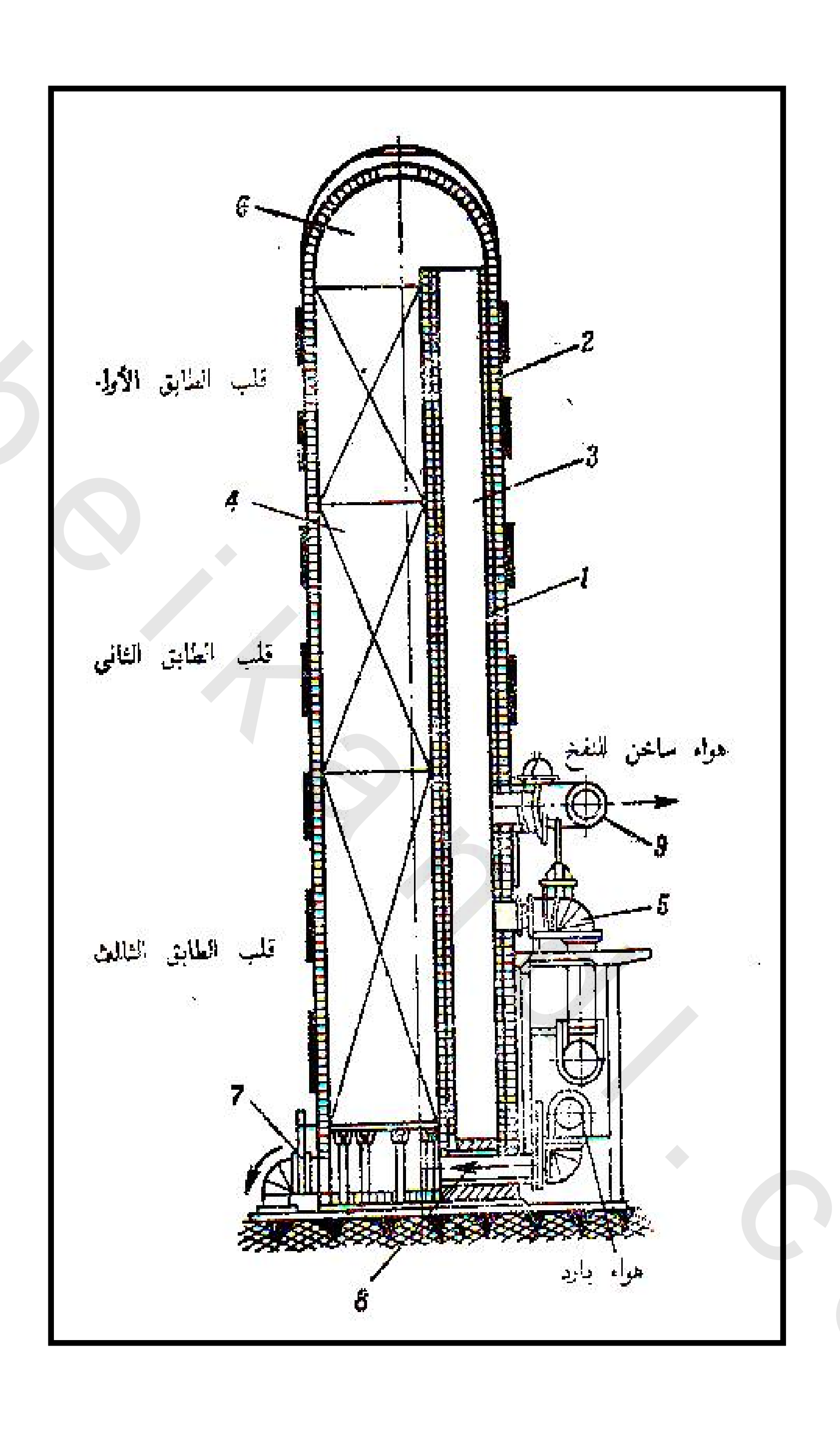
$$6FeO + 6CO = 6FeO + 2CO_2 + 19500$$

ومن العوامل المختزلة أيضا لخام الحديد اكربون الصلب الذي يتكون نتيجة لتفكك CO حسب المعادلة $2CO = C+CO_2$ ويتم اختزال الخام بواسطة الكربون حسب التفاعل الأتي :

$$FeO + C= Fe + CO - 34460Cal$$

وتبدأ القطع الكبيرة من الحديد المختزل في الإنصهار فتكون كتلا من الحديد المسامي وفي منطقة الأكتاف عند درجة حرارة من 1100 إلي 1200^{o}م تقريبا يختزل المنجنيز والسليكون والفسفور ثم تذوبهذه الشوائب في الحديد ويتم تشبع الحديد بالكربون عند تكوين كربيد الحديد حسب المعادلة التالية : $3Fe + 2CO = Fe_3C + CO_2$.

ويذوب كربيد الحديد المتكون وكذلك الكربون الصلب في الحديد المسامي الذي يتحول نظرا لهذا التشبع الي زهر، وتذوب في الحديد كذلك المركبات الكبريتية بالخام والكوك، ويسمي الحديد المذاب بة كربون وسليكون، ومنجنيز وفوسفور وكبريت بالزهر، وتظهر في منطقة الأكتاف فطرات من الزهر المنصهور تتساب تدريجيا إلي الكور، وكما بينا سابقا فهناك مادة عاطلة بالخام وهذه المادة العاطلة صعبة الإنصهار جدا، ولخفض درجة إنصهارها يضاف الي الشحنة الحجر الجيري، ويكون الحجر الجيري بتفاعلة مع المادة العاطلة (أو بأنصهاره معها) الخبث .



مسخن الهواء (شكل 2)

يـزوب في الخـبث جـزء مـن المـواد الضـارة (الكبريتيـة والفوسـفوريـة) والرمـاد ، ويسـمي الخـبث الـذي يحتـوي عـلي نسبـة كبيرةمن ثاني أكسيد السليكون SiO_2 حمضيـا ، عنـد إرتفـاع نسـبة أكسـيد الكـالسيـوم CaO في الخـبث فيسـمي قـاعديـا ، وكلمـا كـان الخـبث أكثـر قـاعديـا كلمـا سـاعـد أكثـر عـلي تخلص الحـديد الزهـر من الكبريت، وينسـاب الخـبث عـلي شـكل قـطرات كـالحـديد إلـي أسـفـل الفـرن العـألي، ولـمـا كـان الـون النـوعي للخبث أقل مـن الـوزن النـوعي للحـديد الزهـر، فـإن الخـبث المصهـور يطفـو فـوق الحـديد الزهـر المصهـور، ويخـرج الحـديد الزهـر مـن الفـن العـالي مـن القنـاة السفـلي المسـمـاة بقنـاة الحـديـد الزهــر 8 (شــكل "1") أمــا الخــبث فيخــرج خــلال الفتحـةالعليـا المسماة بقنـاة الخبث 9 .

ويجمـع الخـبث مـرة كـل سـاعـة تقـريبـا ، ويحمـل الخـبث المجمـع في حمـلات الخبث الي مـكـان تحـويلة التـالي، أمـا الحـديد فيجـري إستخـراجـة 6 مـرات تقـريبـا كـل 24 سـاعـة ولإسـتخـراج الحـديـد يـوقف تيـار الهـواء وتثـقب سـدادة قنـاة الحـديد الزهـر ، فينسـاب الحـديد الزهـر المصهـور في الميـازيب إلـي بـوادق كبيـرة مبطنـة (مآخذ المعادن) نسمي كذلك بالخلاط، ويحمـل فيهـا إلـي مـكـان إستعمـالـة ، ويـذهـب جـزء كـبيـر مـن الحـديد الزهـر في حـالـة السـائـلة إلـي ورشةصهـر الصـلب، أمـا الجـزء البـاقي فيسـبك في متكينـات السأبك للحصول علي حديد التمـاسيح .

وأهم دليل فنـى اقتصـادى عـلـى كفـاءة عمـل الفـرن العـالـى هـو معامـل اسـتغلال سـعته النافعـة K و هـو نسـبة السـعة النافعـة للفـرن V

بالامتار المكعبة الى انتاجه فى فترة 24 ساعة بالطن T . و المعامل K يساوى :

$$K = \frac{V}{T} \quad m^3/t$$

فكلما قل K كلما زاد مقدار الحديد الزهر المستخلص بكل متر مكعب من حجم الفرن، و بالتالى فكلما قلK كلما زادت انتاجية الفرن . و باستعمالالطرق المتقدمة التى يطبقها خبراء الافران العالية السوفييت يمكن الوصول الى قيمة متوسطة للمعامل K بنحو 0.65 **ويقوم الصناع المجددون فى الانتاج بتطبيق الاجراءات التالية للحصول على افضل استغلال للسعة النافعة للفرن :**

1- شحن الفرن بخام وكوك مجهزة بالاحجام المناسبة .

2- الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية و ثابتة بالافران .

3- استخدام اجهزة المراقبة و القياس الاوتوماتيكية لتسجيل دلائل سير العمل فى الفرن .كما يوجه المجددون عناية خاصة لمكننة العمليات التى تطلب جهدا كبيرا للتحكم فى الافران العالية .

و قد بدىء فى السنوات الاخيرة فى دفع هواء غنى بالاكسجين الى الفرن و ذلك مما يزيد من انتاجية الافران العالية . و لتزويد العمليات المتالورجية بالكمية اللازمة من الاكسجين فقد عكف الخبراء فى الوقت الحاضر على تجهيز تركيبات لتحضير الاكسجين تنتج من 10000 – 30000 م3 / ساعة .

4- **نواتج الفرن العالى** :

من نواتج الفرن العالى – الحديد الزهر و الخبث و غاز الفرن العالى . و الحديد الزهر هو الناتج الاساسى لعملية الصهر فى الفرن العالى، و ينقسم الحديد الزهر للفرن العالى حسب تركيبه الكيميائى و استعماله الى حديد زهر للسباكة و حديد زهر للتحويل و حديد زهر خاص . كما ينقسم حسب نوع الوقود المستعمل الة حديد زهر الكوك و حديد زهر الفحم الخشبى .

1) حديد زهر السباكة يستعمل للحصول على مسبوكات زهر فى ورش سباتكة الزهر . و يتراوح تركيب زهر السباكة المنتج فى الافران العالية فى الحدود التالية :

سليكون 1.25 – 4.25 ٪، منجنيز 0.5 – 1.3 ٪، فوسفور الى 0.3 ٪ ، كبريت الى 0.7 ٪ و ترقم انواع زهر السباكة بالارقام JIK-00، JIK-0 ، JIK-1 ، JIK-2، JIK-3، JIK- . وفى هذا الترقيم كلما زاد الرقم الموجود فى الترقيم كلما كانت نسبة السيليكون اقل ،فنسبة السيليكون فى JIK-00 مثلا من 3.76 – 4.25٪ و فى الزهر JIK-4 نسبة السيليكون 1.25 –1.7 ٪ .

2) حديد زهر التحويل و هو الزهر الذى يحول الى صلب و يسمى هذا حديد الزهر الابيض حسب طريقة التحويل اما بحديد زهر مارتن (م) او حديد زهر باسمر (ب) او حديد زهر توماس (ت) .

والجدول التالى (1) يبين التركيب التقريبى لانواع الحديد الزهر للتحول ومنه نرى ان بهذه الانواع نسبة صغيرة من السيليكون و نسبة كبيرة من المنجنيز ،وعلى الاخص فى حديد زهر مارتن ،ويوجد الكربون فى هذه الانواع فى حالة متحدة مع الحديد ولهذا فهو ذات ميكسر ابيض وكثيرا ما يسمى بالحديد الزهر الابيض .

3) احديد الزهر الذى يحتوى على نسبة كبيرة من السيليكون او المنجنيز و المسمى بالسبائك الحديد و تستعمل سبائك الحديد كاضافات خاصة عند انتاج الصلب و كذلك عند انتاج المسبوكات من الزهر . و فى جدول (1) ترد تركيبات انواع زهر التحويل و زهر السبائك و الانواع الخاصة من [illegible] شبائك الحديد المستخلصة فى الافران العالية .

جدول رقم 1

تركيب حديد الزهر التحويل وسبائك الحديد المنتجة فى الافران العالية				
أنواع الحديد	السيليكون	المنجنيز	الفوسفور	الكبريت
حديد تحويل (م)	0.5 -0.3	3.5 -1.5	حتى0.3	حتى0.07
حديد تحويل (ب)	2 -0.9	1.5 -0.6	حتى0.07	حتى0.06
حديد تحويل (ت)	0.6 -0.2	1.3 -0.8	حتى1.6- 2	حتى 0.8
حديد سباكة الحديد: حديد- سليكون (فروسيليكون)	13 -9	3	0.2	0.04
حديد –منجنيز (كرومنجنيز)	2	75 -70	0.45 -0.35	0.03

4)خبث حديد الافران و يستعمل لانتاج طوب الخبث و كتل الخبث و الاسمنت الخبثى كما يحصل من الخبث الحامضى على صوف الخبث الذى يستعمل عازل حرارى لرداءة توصيله للحرارة .

5) غاز الفرن العالى و يستعمل بعد تخليصه من الغبار كوقود لمسخنات الهواء و الغلايات و غيرها من التركيبات الصناعية و النسب المتوسطة لمركباته هى : 27٪ co، 12٪ co2، 2٪ H2، 0.5 ٪ CH4، 58 ٪ N2. و قيمته الحرارية نحو 1000 كالورى /م3 و يعد هذا الغاز من الغازات الفقيرة من حيث القيمة الحرارية .




الباب الثانى
انتاج الحديـــد الصلــب



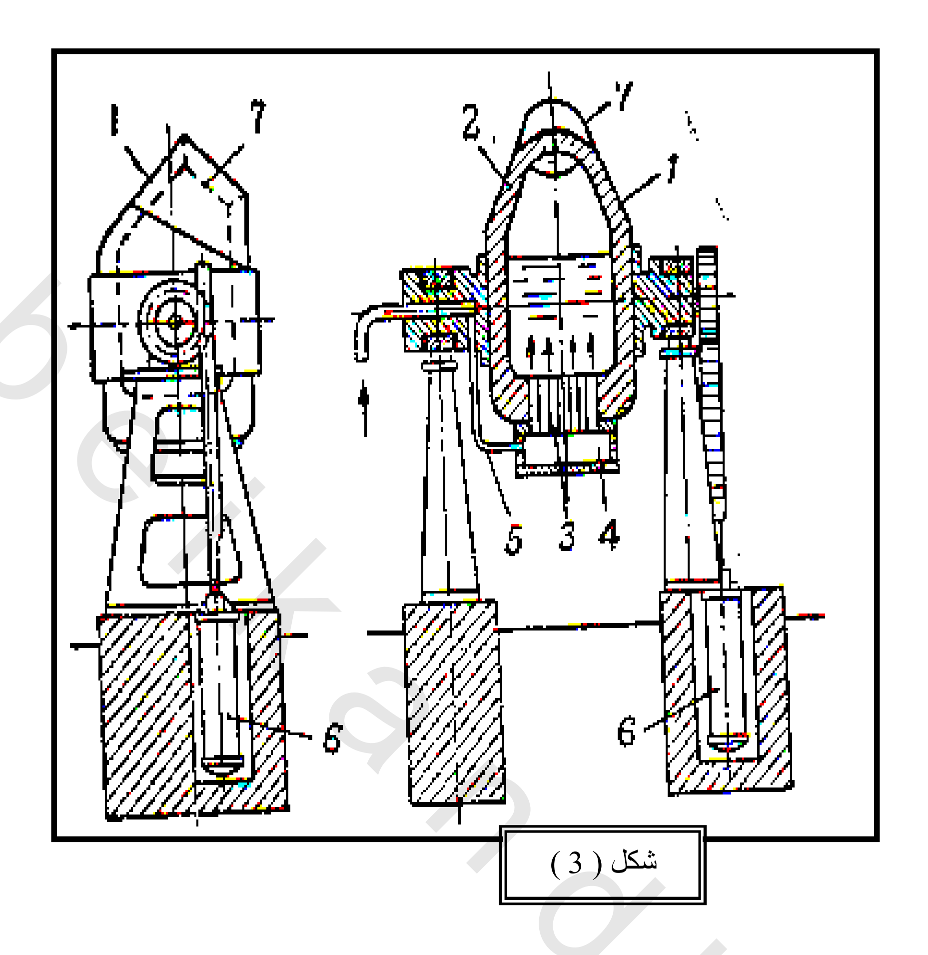
المـادة الخـام الاساسـية لانتـاج الحديـد الصـلب هـى حديـد زهـر التحـول و كـذلك الحديـد الخـردة و يجـب ان يكـون نسـبة الكربـون والمواد المختلطة الاخرى فـى الصـلب اقـل بكـثير منهـا فـى الحديـد الزهـر ويتوصـل لى ذلـك بأكسـدتها فـى عمليـة التحويـل و مـن الطـرق الحديثـة لانتاج الصلب :

1- طريقة التحويل . 2- انتاج الصلب فى افران مارتن .

3- انتاج الصلب فى الافران الكهربائية .

1- **طريقة التحويل** :

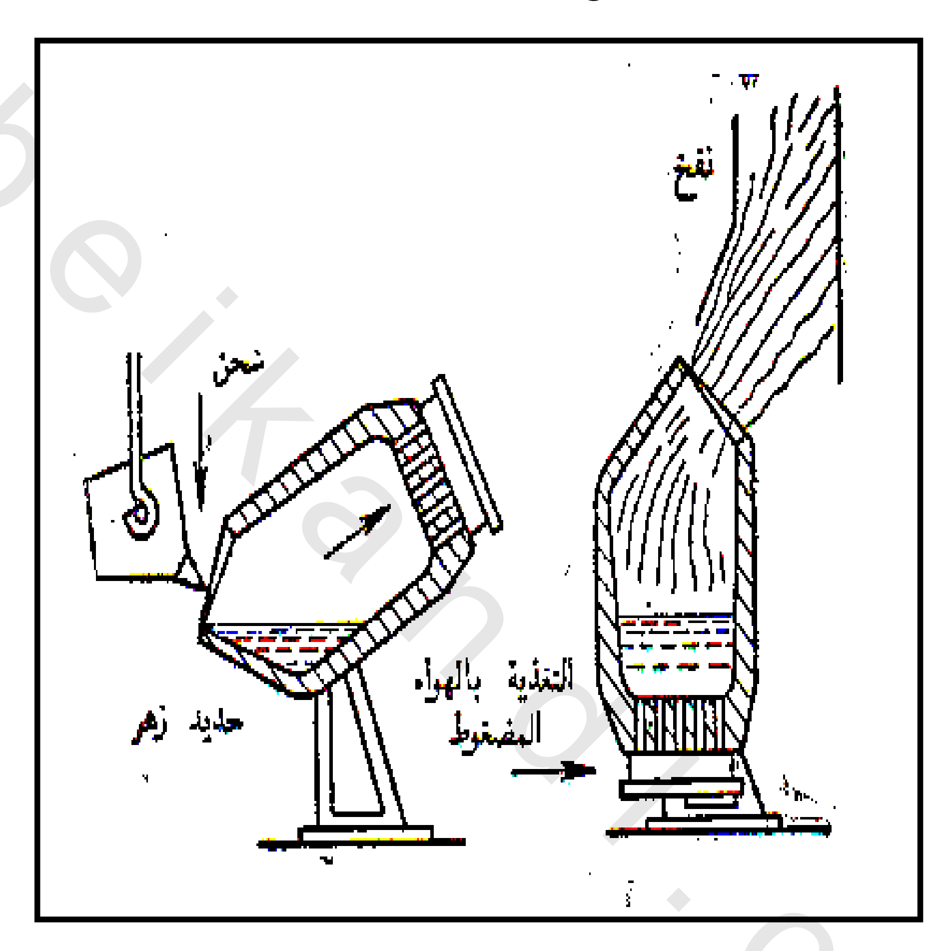
و قـد اقترحـت هـذه الطريقـة المتـالورجى الانجليـزى هــ. بسـمر 1855 ، و هـى مبنيـة علـى نفـخ الهـواء المضـغوط خـلال الحديـد الزهـر المصـهور المصـبوب فـى وعـاء خـاص يعـرف بـالمحول، و المحـول عبـارة عـن وعـاء 1 كمثـرى الشـكل كمـا هـو مبين بالشـكل التـالى مبرشـم مـن صفائح الصلب (الصـاج) سمكهـا 15 – 30 مل و التجويف الـداخلى (2) للمحول مبطن بمادة مقاومة للحرترة (بطانة) سمكها نحو 300 مم و السـعة النافعـة للمحـول تصـل الى 30 طـن و يـدخل الهـواء خـلال القـاع القابل للتغيير (3) الـذى لـه نحـو 300 فتحـة و هـذه الفتحـات مغلقـة مـن أسـفل بواسـطة الصندوق (4) الـذى يـدخل فيـه الهـواء عـن طريـق المحـور المجوف و الكـوع (5) و تقـوم تركيبـة خاصـة بـادارة المحـول الى الوضـع الافقـى لشحنه بالمعدن او لصب الصلب الجـاهز خـلال العنـق (7) و عنـد صهر الصلب يـدار المحـول الى الوضـع الرأسـى و فـى هـذا الوضـع تكـون تغذية الهواء على أقصاها 1.5 – 2.5 ض. جـ و يكـون التحويـل حامضيا او قاعديا حسب التركيب الكيميائى للحديد الزهر المحول .



شكل (3)

و يجرى التحويل الحامضى و يسمى بطريقة بسمر فى محول ذو بطانة حامضية من الطوب الديناسى المجهز من مادة مقاومة للحرارة تحتوى من 90- 97٪ سيليكا و لما كانت البطانة الحامضية تتآكل عند تعرضها للخبث القاعدى فلا يمكن ان تحول بطريقة (بسمر) الى انواع الحديد الزهر السيليكى التى تعطى خبثا حامضيا بالاضافة الى ذلك فان الحديد الزهر المحول يجب ان يحتوى على الاقال كمية ممكنة من الفوسفور و الكبريت، لانه لا يمكن تخليص الصلب من هذه المواد عند التحول لعدم وجود خبث قاعدى .

و قبل أن يبدأ نفخ الهواء فى المحول، يوضع فى الوضع الافقى شكل (4) و يسخن، ثم يملا بالحديد الزهر السائل الى 1/3 حجمه تقريبا . وبعد ذلك يبدأ نفخ



شكل (4) المحول فى وضع الصب ووضع النفخ

الهواء و يدار المحول الى الوضع الرأسى (العامل)، و تتقسم عملية التحويل الى ثلاث مراحل متميزة :

المرحلة الاولى :

و تتميز بظهور شرر كثير عند عنق المحول و يفسر ظهور الشرر بالتأثير الميكانيكى لتيار الهواء على الحديد الزهر المصهور الذى تتطاير قطرات منه و تحرق فى الهواء بشكل نجوم مضيئة و فى هذه المرحلة تبدأ الاكسدة الشديدة للمواد المختلطة بالحديد الزهر المصبوب نتيجة لتفاعل اكسيد الحديد المتكون مع السيليكون والمنجنيز المختلطين بالحديد و تتم هذه العملية حسب التفاعلات التالية :

$$Fe + \frac{1}{2} O_2 = FeO + 64430 \text{ Cal}$$

$$2FeO + Si = SiO_2 + 78990 \text{ Cal}$$

$$FeO + Mn = Fe + MnO \; 32290 \text{ cal}$$

و يصحب أكسدة السيليكون توليد كمية كبيرة من الحرارة و ارتفاع حاد لدرجة حرارة المعدن .

المرحلة الثانية :

و تبدأ عند ارتفاع درجة الحرارة الى $1500\,^{o}$ م، مما يخلق الظروف الملائمة للاحتراق الشديد للكربون :

$$FeO + C = CO + Fe - 34460 \text{ Cal}$$

و يسبب تكوين اول غليانا شديدا للمعدن و يظهر عند عنق المحول لهبا ابيض خاطف نتيجة لاتمام احتراق اول اكسيد الكربون فى الهواء الى ثانى اكسيد الكربون

$$CO + \frac{1}{2} O_2 = CO_2$$

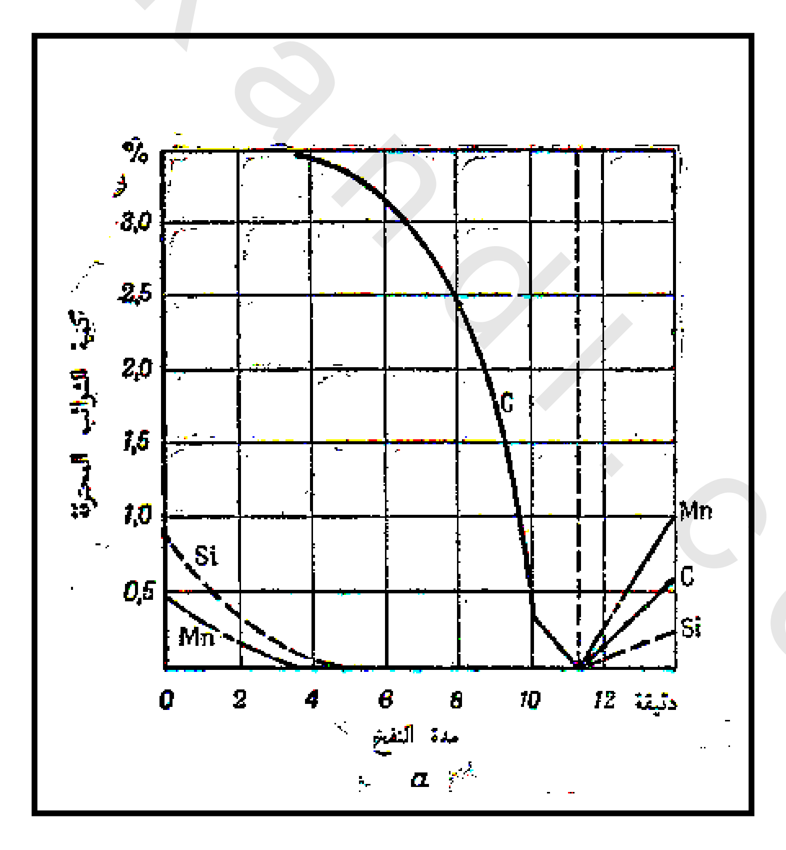
المرحلة الثالثة :

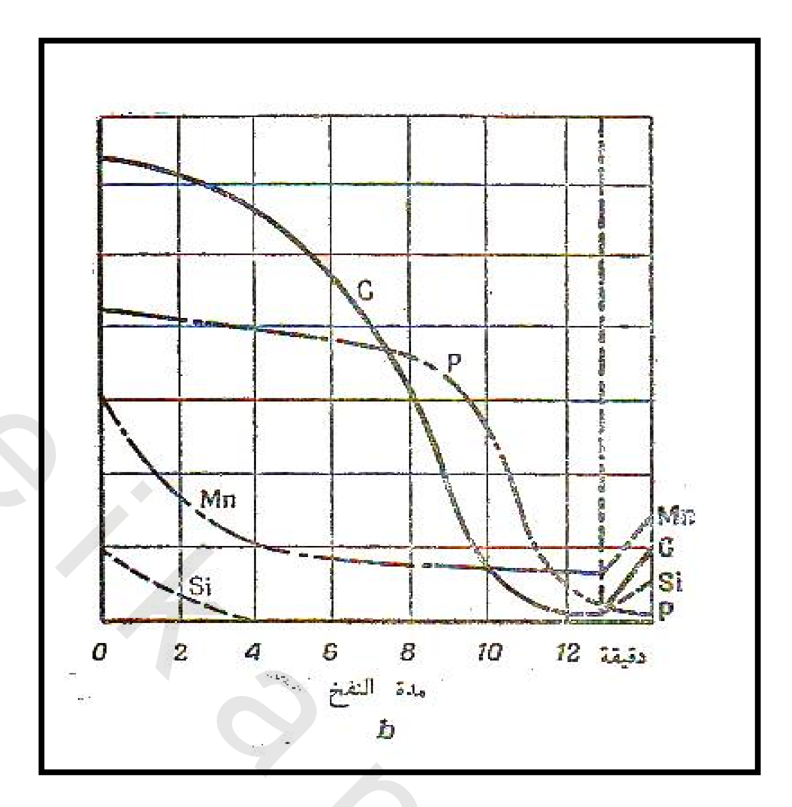
وتتميز بظهور دخان بنى داكن و هو دليل على تأكسد شديد للحديد و عندئذ توقف العملية و يدار المحول الى الوضع الافقى و يدار

الهواء تدريجيا و يحتوى المعدن بعد نفخ الهواء خلاله على كمية كبيرة من اكسيد الحديد الذائب الذى تقلل كثيرا من جودته و لاختزال الصلب تضاف سبائك الحديد كحديد المنجنيز مثلا و يتم الاختزال حسب التفاعل :

$$Fe\ O + Mn = Fe + MN\ O$$

ويمكن الحصول على صلب يحتوى على النسبة المطلوبة من الكربون حسب كمية سبائك الحديد الزهر الخاص المضاف و تستمر عملية نفخ الهواء فى المعدن 10 – 15 دقيقة و بعد ذلك تؤخذ عية للتحليل ثم يصب الصلب الجاهز فى بوتقة و فى شكل (a 5) منحنيات احتراق المواد المختلفة للحديد فى عملية بسمر .





شكل رقم (5) رسم بيانى لاحتراق الشوائب عند تحويل الصلب (a) فى محول ذى بطانة حامضية و (b) فى محول ذى بطانة قاعدية

طريقة توماس :

و قد اقترحها فى سنة 1878 الانجليزى توماس وتستعمل لتحويل حديد الزهر المحتوى على نسبة كبيرة من الفوسفور و تصنع بطانة محول توماس من الدولوميت و هو مادة مقاومة للصهر و تركيبها MgCO3.CaCO3 وسعة محول توماس اكبر بقليل من سعة محول بسمر والسبب فى ذلك هو ضرورة شحن المحول بالجير و يشحن الجير فى بدأ العملية فى المحول المسخن بكمية تقرب من 10 – 15 ٪ من وزن المعدن ثم يصب الحديد الزهر و يرسل تيار الهواء خلاله .و فى الشكل

(b 5) رسم بيانى لاحتراق المواد المختلطة بالحديد الزهر فى عملية توماس .

و فى عملية التحويل القاعدى تتولد الحرارة اللازمة نتيجة لتأكسد السيليكون كما يحدث فى العملية الحامضية و لكن نتيجة لاحتراق الفوسفور فى المقام الاول و يصحب تأكسد الفوسفور توليد كمية كبيرة من الحرارة و ارتفاع كبير من درجة الحرارة :

$$2P + 5Fe\,O = P_2\,O_5 + 5\,Fe + 46900\ Cal$$

ويتحد ختمس اكسيد الفوسفور المتكون مع الجير :

$$P_2\,O_5 + 4Ca\,O = (Ca\,O)\,4.\,P_2\,O_5$$

و يعد نفخ تيار الهواء يقشط الخبث و تضاف المواد المختزلة و تستمر العملية نحو 20 دقيقة و الخبث القاعدى يحتوى على 25 ٪ تقريبا من خامس اكسيد الفوسفور و يستعمل كسماد زراعى و يجب ان تحتوى فى انواع زهر الفرن العالى المستعملة للتحويل القاعدى على نسبة صغيرة من السيليكون (انظر جدول رقم 1 حديد ت) لان السليليكون يتأكسد عند الصهر الى $Si\,O_2$ و يكون خبثا حامضيا يسبب تآكل البطانة القاعدية للمحول .

و تمتاز طريقة التحويل بارتفاع انتاجية المحول و صغر حجمه وببساطة عدم الحاجة الى وقود اذا ان الوصول الى درجة حرارة عالية يكون على حساب كمية الحرارة المتولدة فى عملية تأكسد العناصر و هذا كله يجعل تكاليف الصلب الناتج زهيدة و العيوب الجوهرية لهذه الطريقة هى استحالة تحويل الكمية الكبيرة من الحديد الخردة و تحويل انواع الزهر ذات التركيب المحدد و التآكسد الكبير للمعدن (5 – 10 ٪) و صعوبة تنظيم عملية و وجود نسبة كبيرة منأكسيد

الحديد و الازوت فى الصلب مما يخفض من جودته و يعتبر صلب محولات من انواع الصلب ذات الجودة العادية و يستعمل لانتاج صفائح الصلب و المواسير الملحومة و الكمرات ذات المقاطع المختلفة و الاسلاك و غيرها من المنتجات التى تتطلب لانتاجها كمية كبيرة من المواد الرخيصة . و قد أدخل فى السنوات الاخيرة فى عملية التحويل نفخ تيار من الاكسجين بدلا من الهواء مما يزيد من سرعة العملية و يرفع انتاجيتها . و الصلب المحول الناتج عند استعمال تيار الاكسجين يقارب فى جودته صلب عملية مارتن . ان الاستخدام الواسع للاجهزة و العدادات الاوتوماتيكية التى تراقب و تنظم عمليات الصهر فى المحولات يحسن نوعية الصلب كثيرا و يجعل هذه الطريقة فى صهر الصلب اكثر تطورا و بانتهاء مشروع السنوات السبع فقد انتشر انتاج الصلب فى المحولات فى الاتحاد السوفييتى انتشارا واسعا.

2- طريقة مارتن :

تتميز طريقة مارتن لانتاج الصلب عن طريقة التحويل بكونها لا تسمح بتحويل الحديد الزهر (السائل او حديد التماسيح) فحسب بل ويمكن بواسطتها كذلك اعادة صهر اجزاء الماكينات التى اصبحت غير صالحة للعمل والمتراكمة فى المصانع وكل الانواع الممكنة من خردة المعادن الحديدية . و يصهر نحو 85 ٪ من الصلب فى الاتحاد السوفييتى بطريقة مارتن . و يصل طول الافران المارتنية الكبيرة الى 25 متر و عرضها الى 7 أمتار و تتراوح سعة الافران من 20 – 500 طن . و شكل (6) يوضح تركيب فرن مارتن .ويتكون الفرن من مكان التشغيل A حيث تصهر الشحنة، و شبابيك الشحن 1 لادخال المواد . و الرأسين B، B1 التى تتجه منها قنوات الى مسترجعات الحرارة 3، 4،

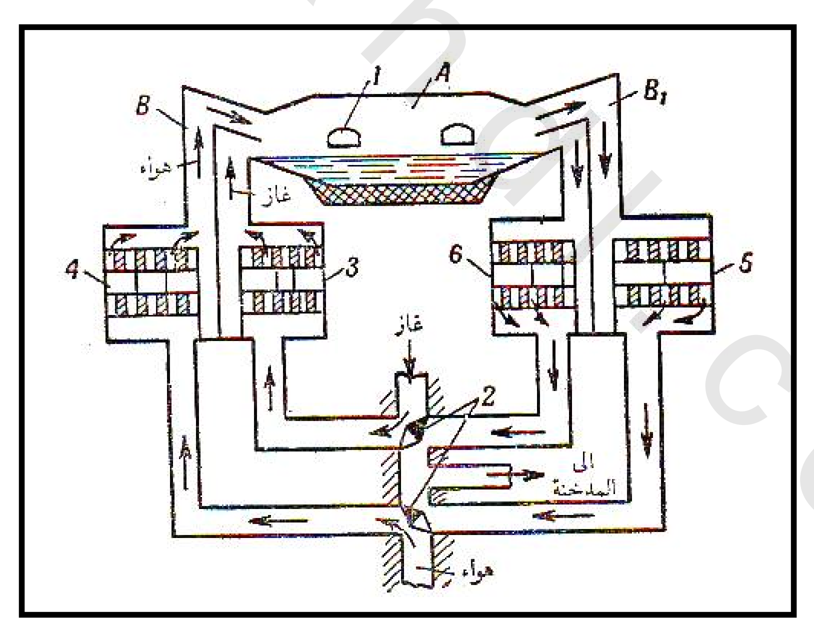
5، 6 و هـذه الاخـيرة عبـارة عـن غـرف ذات قلـب مـن الطـوب الحـرارى المصـفوف علـى شـكل يشـبه القفـص . والهـدف منهـا اسـتعمال الحـرارة الزائدة فى عمليات الصهر .

و فى الوضع المبين بالشـكل للصـمامين 2 يسير الهواء و الغاز فـى قنوات منفصلـة الى الـرأس B ويمـر الغـاز بمسـترجع الحـرارة 3 بينمـا يمـر الهـواء بالمسـترجع 4 . و عنـد خـروج الخلـيط السـاخن مـن الرأسـين يشـتعل معطيـا لهـا طـويلا زاحفـا يسـخن مكـان التشـغيل بـالفرن حتـى 1200^{o} م . و تخـرج النـواتج المتوهجـة للاحـتراق خـلال الـرأس B1 الى المسترجعين 5، 6 حيث تترك كمية من الحرارة للقلب ثم تتجه الى القناة المؤدية الى المدخنة . و بعـد تسـخين المسـترجعات يـدار الصـمامان 2 بزاويـة 90^{o} فيغير الهواء و الغاز اتجاهـهما ويمران بالقلب الحار للمسترجعين 5، 6 حيـث يسـخنا حتـى 110 – 1200^{o} م و يـدخلان بهـذه الدرجـة الى مكـان تشـغيل الفـرن حيـث يختلطـان و يشـتعلان فيرفعـان درجـة حـرارة الفرن الى 1800^{o} م . و تخرج نواتج الاحتراق مـن الفـرن خـلال الـرأس B الى المسترجعين 3، 4 حيث يسخن قلبيهما ثم تذهب الى القناة المؤدية الى المدخنـة . و بعـد 20 – 30 دقيقـة يعـاد الصـمامان الى الوضـع السـابق و تتكـرر الـدورة، وقـد اتسـع فـى الوقـت الحاضـر اسـتخدام الـتحكم الاوتومـاتيكى فـى النظـام الحـرارى بـالفرن . و توضـع لهـذا الغـرض فـى الاماكن الملائمة اجهزة تقوم بتسجيل درجة الحـرارة ممـا يضـمن تحقيـق الظروف الحرارية المطلوبة .

ويجـرى اخـراج الصـلب الجـاهز خـلال فتحـات الخـروج بالحـائط الخلفـى للفـرن (لا تـرى بالرسـم)، و عنـد عمـل الفـرن بـالوقود السـائل يكـون بـه مسـترجعان للحـرارة فقـط لتسـخين الهـواء، و افـران مـارتن

يمكـن ان تكـون حامضـية او قاعديـة حسـب نـوع الطـوب الحـرارى المستعمل فى التبطين و تصنع قبب و ردوس الافران الحامضية القاعدية مـن الطـوب الكرومـى المنجنيـزى، الـذى يتحمـل جديدا التقلبات الحـداة لدرجة الحـرارة و هنـاك عـدو انـواع مـن عمليـات الصـهر بطريقـة مـارتن حسب كبيعة المواد الاولية للعملية . واهم هذه الانـواع هـى عمليـة الخـام و عمليـة الخـردة، وتسـتعمل عمليـة الخـام فـى ورش افـران مـارتن بالمصـانع المتالورجية . و فى هذه العملية يحول اتلديد الزهـر المنصهر معاضافات من خام الحديد و بقايا الانتاج المتالورجى .

اما عملية الخردة فتستعمل فى ورش افران مـارتن بمصـانع بنـاء الماكينـات التـى تمتلـك كميـة كـبيرة مـن نفايـات الانتـاج . و يكـون تركيب الشحنة المحولة فى هـذه الحالـة مـن 60 – 80 ٪ خـردة (نفايات الانتاج، وخردة المعادن الحديدية (و 20 – 40 ٪ من حديد التماسيح)



شكل رقم 6 يبين رسم تخطيطى لتركيب فرن مارتن

عملية خام (القاعدية):

يصهر بهذه الطريقة الجزء الاكبر من الصلب المنتج جميعه. و فى بداية العملية يلقى فى الفرن المسخن بالدولوميت المحمص لتحمية قاع الفرن و جوانبه المائلة، و بعد ذلك تشحن المواد الصلبة بالشحنة بترتيب معين، و كذلك الجير اللزم لتحويل الفوسفور و الكبريت الى خيث و تتم عملية شحن المواد الاولية بواسطة ماكيمة للشحن باعتبارها عملية تتطلب جهدا كبيرا و بعد تسخين المواد الصلبة يصب الحديد الزهر السائل، و عملية صب الحديد الزهر السائل مثلها مثل عملية شحن المواد الصلبة تتم ميكانيكيا و اثناء سير العملية يبدأ سطح المعدن المصهور فى التأكسد بواسطة اكسجين غازات الفرن و يتغطى تدريجيا بطبقة من الخبث و يذوب اكسيد الحديد Fe O المتكون فى المعدن المنصهر و يتفاعل مع مواد الشحنة :

1- 2 Fe O + Si = Si O2 + 2 Fe + 78990 Cal

2- Fe O + Mn = Mn O + Fe 32290 Cal

3- Fe O + C = Fe CO – 34460 Cal

4- 5 Fe O + 2 P = P2 O5 + 5 Fe +46900 Cal

ويتحد الجير الموجود بالشحنة مع P2 O5 مما يساعد على تخليص الشحنة من الفوسفور :

P2 O5 + 4 Ca O = (Ca O) 4 P2 O5

وبالمثل فوجود كمية كافية من اكسيد الكالسيوم فى الخبث يضمن تحويل الكبريت الى خبث :

Fe S + Ca O = Fe O + Ca S

وكما نرى التفاعلات 1- 4 اعلاه، فان اكسيد الحديد FeO هو المصدر الوحدي للاكسجين بحمام المعدن المنصهر المغطى بطبقة من الخبث . ويضاف خام الحديد عدة مرات لمضاعفة سرعة عمليات الاكسدة . و العلامات المميزة الدالة على السير الطبيعى للعملية هى الغليان و هىالفترة التى يتم فيها التأكسد الشديد للكربون .

و يساعد الغليان على تقليب المعدن و خروج الغازات و التوزيع المتساوى للحرارة على عمق حمام المعدن كله .وتؤخذ اثناء سير العملية عينات عدة مرات يمكن منها الحكم على التركيب التقريبى للصلب . وفيما عدا العينات يجرى تحليل عاجل للمعدن و الخبث يحدد تركيب الصلب الكيميائى بدقة خلال 3- 5 دقائق . وقبل نهاية الصهر يزاح الخبث و تضاف المواد المختزلة . و للحصول على انواع الصلب الخاصة (السبائكية) يضاف الحديد الكرومى (الفروكروم) او الحديد الفانادى (الفرو فانديوم) .....الخ .

عملية الخردة :

و تجرى فى افران ذات بطانة حامضية على شحنة تحتوى على اقل كمية ممكنة من الفوسفور و الكبريت . و يتلخص جوهر العملية فى أكسدة الكربون و السيليكون و المنجنيز و هى تحت وقاية الخبث . و سير العملية فيما يختص بأكسدة المواد المختلطة و تبادل الاكسجين سببه بما اوضحناه سابقا . و تكوت خواص الصلب المصهور فى الفرن الحامضى اجود بكثير من خواص الصلب المصهور فى الفرن القاعدى، ولكن ضرورة استعمال الشحنات النقية ترفع كثيرال من تكاليف الانتاج . و اهم دليل فنى اقتصادى على كفاءة الانتاج بطريقة مارتن هو كمية الصلب الناتج عن كل متر مربع من ارضية الفرن فى مدة 24

ساعة . و قد توصل منتجو الصلب المجددون باستعمال الطريقة السريعة لصهر الصلب الى انتاجية عالية تصل الى 12 طنا من الصلب الجيد لكل متر مربع من ارضية الفرن كل 24 ساعة وقد تمكن المتالورجيون السوفييت من استعمال الاكسجين فى انتاج الصلب فى افران مارتن مما رفع كثيرا من انتاجية الافران . وتسير عملية مارتن سيرا هادئا مقارنة مع عملية التحويل كما انها تسمح بالحصول على صلب كربونى و صلب سبائكى ذى جودة عالية ، و تركيب كيميائى يطابق تماما التركيب المطلوب . و الصلب المارتنى و ان كان يقل عن الصلب المنتج بالافران الكهربائية فى كثافته و تماثل اجزائه الا انه ارخص بكثير من الصلب الكهربائى .

و يستعمل صلب مارتن الحامضى فى انتاج الماكينات التى يعلق عليها الكثير من الاهمية فى حين يستعمل الصلب القاعدى فى الصناعة العامة كالسكك الحديدية و الكبارى و الهندسة المدنية

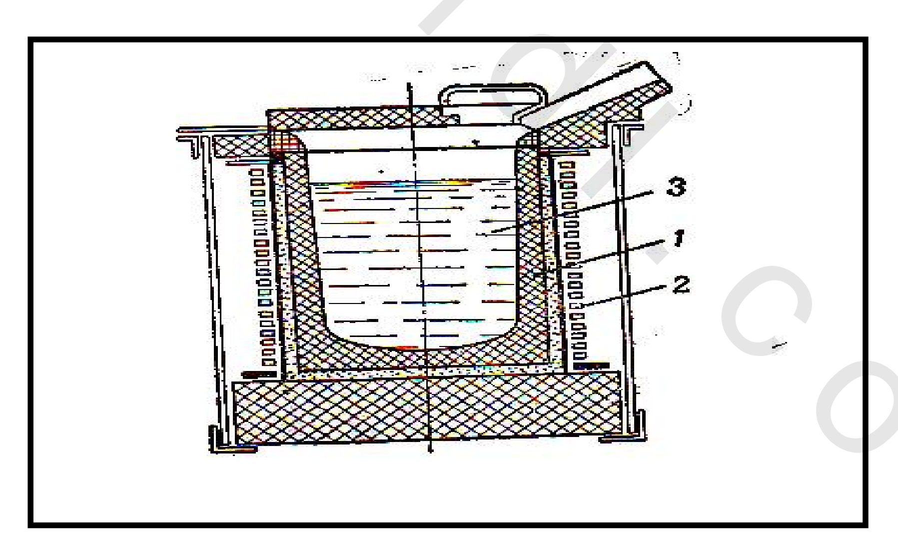
3- **الصهر الكهربائى**:

يمتاز الصهر الكهربائى اذا قورن بالطرق الاخرى لصهر الصلب بعدة مميزات، منها امكان التوصل لدرجة حرارة عالية فى مكان الصهر، مما يسمح بالحصول على خبث به كثيرا منالجير، يضمن التخلص التام تقريبا من الفوسفور و الكبريت، و كذلك يخفف كثيرا من احتراق المعدن عناصر الاشابة نتيجة لعدم وجود لهب مؤكسد .

وتعمل الافران الكهربائية الصناعية اما بالحث الكهربائى واما بمبدأ القوس الكهربائى .

أفران كهربائية بالحث :

فى شكل (7) رسم لفرن كهربائى بالحث (بدون قلب) يعمل بتيار تردده 500 – 2000 ذبذبة / الثانية .فحول البودقة المقاومة للحرارة 1 ملف على شكل ماسورة من النحاس ذات مقطع مستطيل 2 يجرى بها الماء للتبريد . ويمر تيار عالى التردد من مولد خاص فى الملف فيثير فى المعدن تيارات دوامية تسخن المعدن 3 بسرعة حتى انصهاره . وتشغل فى الافران ذات التردد العالى شحنات موادها شديدة النقاوة منتخبة بعناية ، و نظرا للسرعة الكبيرة للعملية لا يجد المعدن فرصة للتأكسد الشديد و عند نهاية الصهر تضاف كمية صغيرة من الاضافات و المواد المختزلة . و لا تزيد سعة الفرن العالى التردد عن 8 طن . و هى تستعمل لانتاج مسبوكات الصلب الواجهية و لصهر سبائك الصلب ذات النسبة العالية للعناصر المضافة (الصلب المتحمل للحرارة و الصلب المقاوم للانصهار و الصلب الغير قابل للصدأ) .



شكل رقم 7 ، رسم تخطيطى لفرن كهربائى بالحث

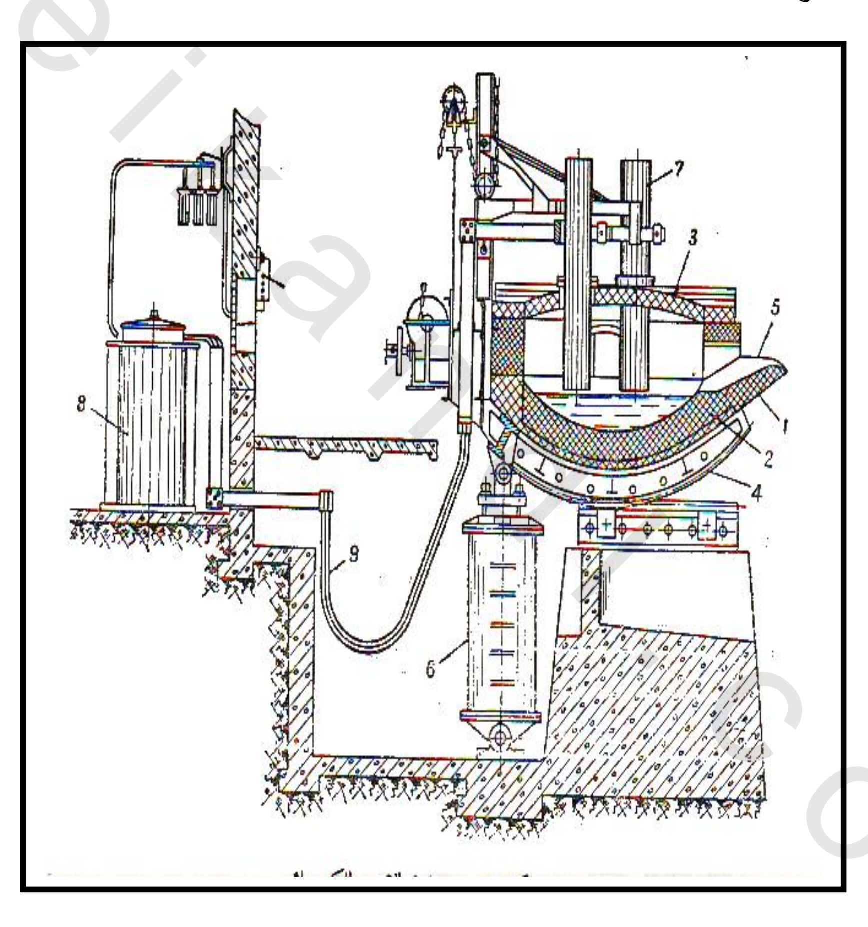
1- البودقة المقاومة للحرارة . 2- مفاعل حث . 3- المعدن

افران القوس الكهربائى :

وتعمل بمدأ استغلال الحرارة المتولدة عن القوس الكهربائى المتكون. و تنقسم الى افران ذات قوس مستق و افران ذات اقواس غير مستقل . و فى افران النوع الاول توجد الاقطاب فوق سطح حمام المعدن، و يتم صهر الشحنة بواسطة الحرارة المتولدة عن القوس المتكون . اما فى الافران ذات القوس غير المستقل فيجرى صهر المعدن بواسطة حرارة القوس الكهربائى المتكون بين الاقطاب و حمام المعدن . و قد انتشر استعمال هذه الافارن لصهر الصلب و السباكة انتشارا واسعا .

و فى شكل (8) مقطع تخطيطى لفرن قوس ذى وجهين و يصنع الغلاف 1 من صفائح سميكة من الصلب . و تصنع البطانة 2 فى الافران الحامضية من الديناس، و فى الافران القاعدية من الماجنزيت . و تصنع قبة الفرن 3 من الطوب الديناسى بحيث يمكن خلعها . و يركب الفرن لسهولة صب المعدن على مجارى مقوسة 4، و يجرى الصب بالميزاب 5 باستعمال التوصيلة الكهربائية او الهيدروليكية 6 التى تقوم بامالة الفرن . و تصنع الاقطاب 7 متحركة، و هى اما من الكربون او الجرافيت . وتغذى الاقطاب بالتيار من محول 8، بواسطة كابلات مرنة 9، و تصل سعة افران القوس 180 طن. وتضم الشحنة عند صهر الصلب فى افران القوس الكهربائى الخردة و الزهر وخام الحديد و الفلكس و المواد المختزلة و سبائك الحديد، و المادة الاولية الرئيسية هى خردة الصلب . اما الزهر فبقوم برفع نسبة الكربون فى المعدن، و يضاف خام الحديد لاكسدة المواد المختلطة، و يستعمل الجير كفلكس فيكون خبثا قاعديا ،و يحصل على الخبث الحامضى باضافة الرمل الكوارتزى . وتستعمل كمواد مختزلة الحديد السليكى (الفرو سيليكون) و

الحديـد المنجنيـزى (الفرومنجنيـز) والالومنيـوم. و يضـاف الحديـد الكرومـى (الفـرو كـروم) و الحديـد النيكلـى (الفـرو نيكـل) و الحديد الولفرامى (الفرو ولفرام) للحصول على صلب سبائكى . و ينتج فى الافران ذات البطانة الحامضية صلب عـالى الجودة ياستعمال شحنة نقيـة خاليـة مـن الفوسـفور و الكبريت بقـدر الامكـان . امـا فـى الافـران القاعدية فينتج صلب يستعمل للانشاءات ذو نسبة منخفضة من الشوائب الضارة .



شكل رقم (8) فرن القوس الكهربائى

عملية الصهر الكهربائى (قاعدية) :

بعد انصهار الشحنة فى الفرن يلقى فيه بكمية محددة من الجير و خام الحديد او نواتج تأكسد الحديد ثم يوصل التيار الكهربائى . و يمكن تقسيم عملية صهر الصلب الى مرحاتين : مرحلى التأكسد و مرحلة الاختزال . وفى المرحلة الاولى تتأكسد جميع المواد المختلطة (ما عدا الكبريت) بواسطة اكسجين الخام او نواتج تأكسد :

$$2Fe + Si = 2\ Fe + Si\ O_2 + 78990\ Cal$$

$$Fe\ O + Mn = Fe + Mn\ O + 32290\ Cal$$

$$5Fe\ O + 2P = 5Fe + P_2\ O_5 + 47850\ Cal$$

ويضمن وجود الجير حدوث التفاعل الاتى :

$$P_2\ O_5 + 4Ca\ O = (CaO)\ 4\ P_2\ O_5$$

يقشط الخبث و تضاف مرة اخرى كمية صغيرة من الجير والخام . وبعد تكون الخبث مرة اخرى تؤخذ عينة لمعاينة وجود الفوسفور ثم يقشط الخبث مرة اخرى وتكرر هذه العملية حتى التخلص التام من الفوسفور كله تقريبا . ومن المحتمل عند ارتفاع نسبة الكربون احتراق جزء منه لو كانت درجة الحرارة للفرن كافية ذلك .

$$Fe\ O + C = Fe + CO - 34460\ Cal$$

اما فى المرحلة الثانية فيغمر سطح المعدن بخبث قاعدى يتكون من الجير و السبار القابل للانصهار ثم يضاف الكوك المفتت . و يجرى اختزال المعدن و تحويل الكبريت الى خبث حسب التفاعلات الاتية :

$$Fe\ S + Ca\ O + C = Fe + Ca\ S + CO$$

$$Mn\ S + Ca\ O + C = Mn + Ca\ S\ CO$$

بعد قشط الخبث يضاف خبث جديد و تتكرر هذه العملية حتى يتم التخلص من الكبريت كله تقريبا .

ولاختزال الصلب نهائيا تضاف سبائك حديد فاذا كان المطلوب هو الحصول على صلب سبائكى تضاف سبائك حديد تحتوى على نسبة عالية من عناصر الاشاية المطلوبة . وتؤخذ عينات اثناء سير العملية وقبل صب الصلب يحكم منها على مدى نضوج الصلب و مطابقاته للتركيب الكيميائى المطلوب . و تتراوح مدة الصهر الكهربائى حسب سعة الفرن و تركيب الشحنة المشغلة من 2- 8 ساعات و قد اكتسب انتاج الصلب فى الافران الكهربائية اهمية كبيرة نظرا لانتشار استعمال انواع الصلب السبائكى والصلب العالى الجودة فى بناء الماكينات الهامة .

4- **صب الصلب** :

يصب الصلب المصهور في المحول أو في فرت مارتن أو الفرن الكهربائي في بودقة صب، وبعد ذلك يجري سبكة في قوالب خلصة . وبعد ذلك يجري سبكة في قوالب خاصة .

وبودقة الصب (أنظر الشكل 9) عبارة عن وعاء (1) من الصلب المبرشم، ومبطن بالطوب الحراري (2) وفي قاع البودقة فتحة مستديرة يركب بها كوب (3) من الطين الحراري وتغلق فتحة الكوب بسدادة مصنوعة من مادة مقاومة للحرارة، ومثبتة بذراع الإغلاق (4) وتركيبة الإغلاق (5) مثبتة علي الغطاء من الخارج، وتحمل البودقة إلي مكان الصب بواسطة الأوناش المعلقة.

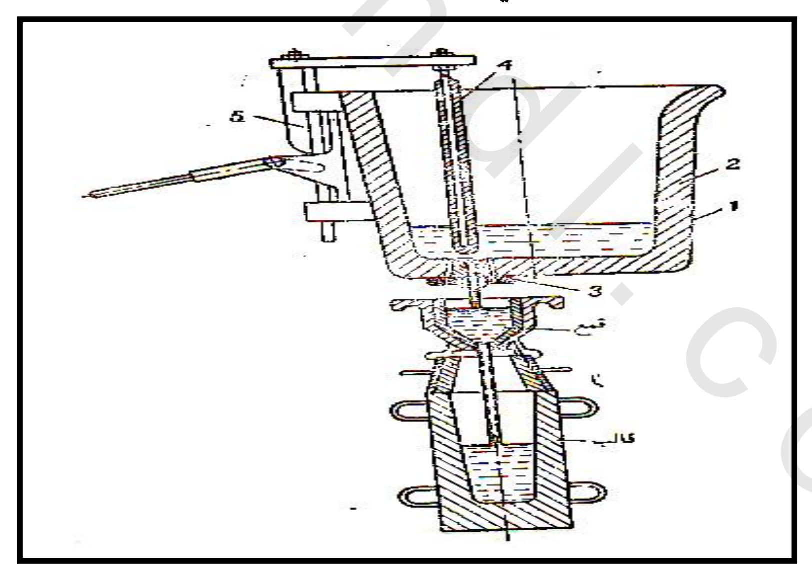
أما القالب فيصنع من الزهر، واحيانا من الصلب بقاع أو بدون قاع، ويصنع القالب مسلوبا من أحدي الجهتين لتسهيل

إخراج الصبة (الكتلة المصبوبة)، كما هو مبين في الشكل (10) ومبين بة أنواع من القوالب ذات المقاطع المختلفة .

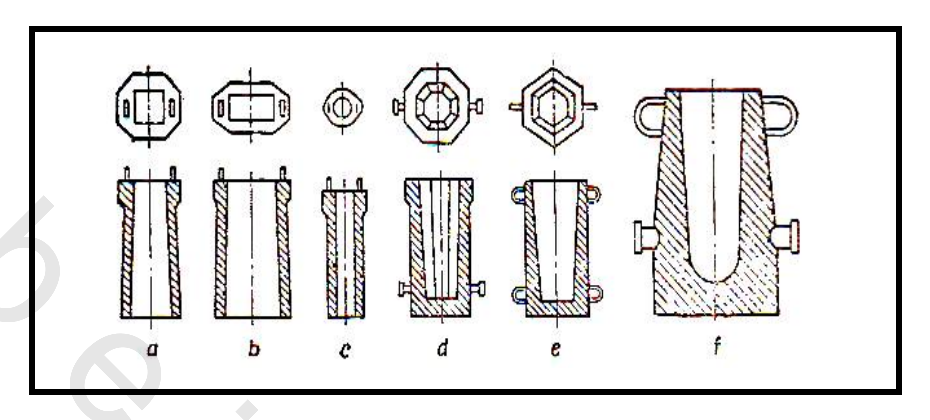
ويمكن أن يكون الصلب عند صبة أما (هادئا) أو (فوارا) وتخرج من الصلب الهادئ عند كمية قليلة من الغازات كما أنة لا يغلي .

وللحصول علي هذا لبصلب يجري إختزال تام للمعادن بلإضافة كمية كافية من زهر الخاص، أما الصلب (الفوار) فيغلي أثناء عملية عملية الصب وتتصاعد منة كمية مبيرة من الغازات،

ويفسر فوران الصلب بأنة يصب قبل أن يتم إختزالة الكامل فعند إنخفاض درجة الحرارة يتفاعل جزء من الكربون مع أكسيد الحديد المتبقي $FeO + C = Fe + CO$.

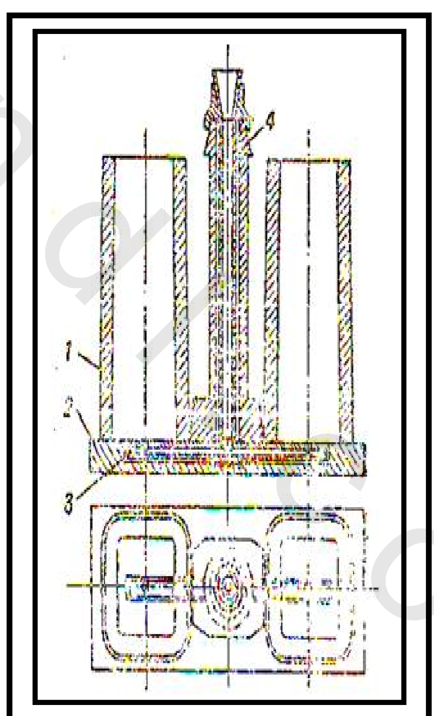


بودقة الصب (شكل 9)

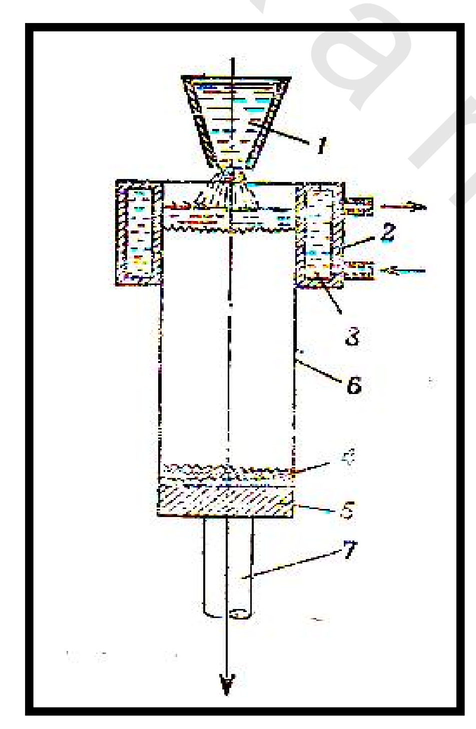


شكل (10) أنواع قوالب اصب

B,A- لصب المستعملة للدلفنة ، C – للمواسير ، F,E,D - للمطروقات



شكل (11) الصب بطريقة السيفون



شكل (12) رسم تخطيطي للصب المستمر للصب

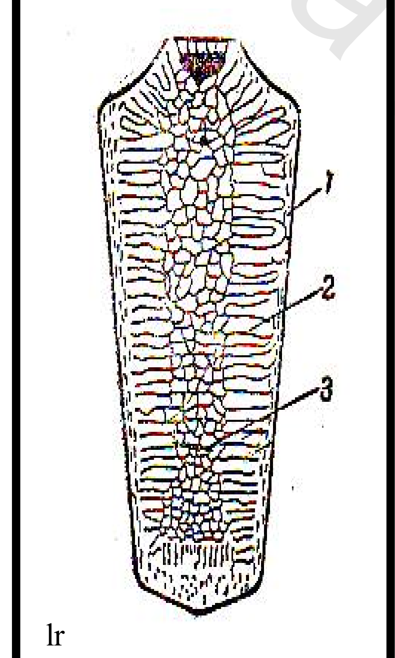
والصلب الفوار أرخص من الصلب الهادئ ، كما يعطي كمية أكبر من المعدن ويوفر في المواد المختزلة إلا أنة أقل في الجودتة من الصلب الهادئ بكثير. ويمكن ملء القوالب بالمعدن السائل من أسفل (الصب بطريقة السيفون) أو من أعلي والصب بطريقة السيفون (شكل 11) يسمح بملئ عدد كبير من القوالب 1 في وقت واحد ، وتوضع هذه القوالب علي طبق 2 من الزهر بة قنوات 3 مبطنة بطوب واجهة وتتصل القنوات بالمصب الرئيسي 4- وتملأ القوالب الموضوعة (بدون قاع) بالمعدن السائل خلال المصب الرئيسي بمبدأ الأواني المستطرقة . ويستعمل الصب بطريقة السيفون أساسا لصب الصلب الفوار، وتتكون بأعلي الصبة فجوة عند تجميد المعدن .

أما الصب من أعلي (شكل 9) فيستعمل للحصول علي صبب كبيرة من الصلب " الهادي " وفي هذه الطريقة يصب ذو درجة حرارة منخفضة مما يقلل من حجم فجوة التجمد ويعطي صلبا أكثر تكاثفا وقد أتسع في الوقت الحاضر إمتشار طريقة الصب المتواصل للصلب، مما أعطي وفرا كبيرا للمعدن وبشكل 12 رسم تخطيطي يبين أسس هذه الطريقة ، فالصلب السائءل ينساب من القمع 1 بسرعة محددة غلي المبلور 2 المبرد بالماء 4، ويبدأ المعدن المنساب 4 في التبلور عند تلامسة بالسطح المعدني 5 ، وبإنزال هذا لسطح إلي أسفل والتغذية بالصب السائل دون إنقطاع تحدث بلورة تدريجية لطبقات المعدن الأخري، وهكذا يمكن الحصول علي صبب 6 ذات طول كبير ونظرا لملء الفراغ الناتج عن الإنكماش بالمعدن السائل لا تحدث فجوة عند التجميد ، وتقوم

التركيبة 7 بتحريك الصبة إلي أسفل بسرعة تتناسب مع سرعة صب المعدن في المبلور .

بناء صبب الصلب :

لا يبرد الصلب المصبوب في قالب الصبة بإنتظام (أنظر الشكل 13) يبين بناء الصبة ، فعند أماكن تلامس المعدن السائل بحوائط القالب يبرد المعدن بسرعة ، مكونا طبقة رقيقة متكافئة 1 من البلورات الدقيقة ذات الإتجاهات المختلفة ويجري التبريد في إتجاه مركز الصبة ببطء ، ويكون نمو البلورات في غالبيتة في إتجاه عمودي علي جدران القالب ، وتسمي البلورات المتكونة بالبلورات 2 العمودية (لشبهها بالأعمدة) في الجزء المحوري من الصبة فإن التبريد يكون أكثر بطئ .



ولما كانت الحرارة تتسرب في مختلف الجهات فإن الجزء من الكتلة 4 يتكون من بلورات متناثرة دون ترتيب معين وكما بين د ،ك، تشرنوف فإن نموالبلورات المتكونة يكون غير منتظم . ففي البداية تنمو البلورة في إتجاه محورها الرئيسي ثم تتفرع منة فروع تنمو بزاوية معينة ومن هذه الفروع تنمو فروع أختري جديدة وهكذا .

شكل (13) مقطع تخطيطي لصبة من الصلب

ونتيجة لذلك تتكون بلورة ذات شكل شبية بالشجرة ولذلك تسمي (دندريت) (أي الشجرية) أما الفراغ الموجود بين الفروع فيملأ بالجزء الباقي من المعدن السائل، الذي يتجمد عد إكتمال التبلور. ومن عيوب صبب الصلب : فجوة التجمد والعزل والفقاعات الغازية والشقوق .

وفجوة التجمد هي الفراغ الذي يتكون عند تجمد الصبة، ونظرا لوجود فرق بين حجم المعدن السائل والمتجمد، فمن المستحيل صب كتلة دون فجوة التجمد، ويعمل عادة علي أن تكون هذه الفجوة بأصغر حجم ممكن وعلي أن تكون بالجزء العلوي من الكتلة .

أما العزل فهو التوزيع الغير متساوي لمكونات السبيكة في أجزاء الكتلة المختلفة، وهناك نوعان من العزل : **العزل داخل البلورات والعزل المناطقي** ويؤدي العزل داخل البلورات إلي **عدم تماثل أجزاء البلورة في تركيبها الكيميائي** ويمكن بواسطة التسخين الانتشاري جعل تركيب البلورات متماثلا إلي حد كبير . **أما العزل المناطقي** فيتميز بالتوزيع غير المتساوي للعناصر المكونة للسبيكة في مقطع الصبة ولا يمكن إعادة التماثل بالإنتشار ولا يمكن إصلاح هذا العيب بطبيعتة بأي حال من الأحوال .

و الفقاعات الغازية هي فراغات صغيرة تنتشر في أماكن مختلفة من الكتلة . وتتكون الفقاعات في الصلب الردئ الإختزال تحت القشرة بالقرب من السطح، ولا يعطي الصلب الجيد الإختزال كثيرا من الفقاعات عند التجمد وتكون هذه عادة في أعماق الكتلة. زمن العيوب المحلية للكتلة خشونة السطح والنتوءات، الشقوق والفصوص غير المعدنية الخ .





الباب الثالث

إنتـاج المعـادن الغير حديدية



من المعادن الغير حديدية المستعملة علي نطاق واسع في الصناعة النحاس والألومنيوم والقصدير والزنك والرصاص والنيكل والمغنسيوم، ويفسر إستعمال المعادن الغير حديدية وسبائكها بأن لبعضها خواص قيمة، كجودة التوصل الكهربائي والحراري ومقاومة الصدأ وصغر معامل الإحتكاك – الخ .

ولقد ذكرنا في الجزء الخاص بخواص المعادن الغير حديدية وسبائكها.

1- إنتاج النحاس

يستعمل النحاس في حالتة النقية في الصناعات الكهربائية والحرارية (إنتاج الطاقة) والصناعات الكيميئية، كما أن النحاس يستعمل علي نطاق واسع للحصول علي السبائك، ويستخلص من خامات النحاس.

خامات النحاس :

وتوجد في القشرة الأرضية أساسا علي شكل مركبات مختلطة، تحتوي عدا عن النحاس علي خامات معادن أخري .

ويستخلص الجزء الأكبر من النحاس من خاماتة الكبريتية التي تحتوي علي النحاس بنسبة تصل إلي 5٪ من هذه الخامات :

1) **بيريت النحاس، الهالكوبيريت** Cu2S.Fe2S2 وهو أكثر خامات النحاس إنتشارا .

2) **الهالكوزيت** Cu_2S.

3) البورنيت أو الخام الأرقط $Cu_2S. FeS.CuS$ 0

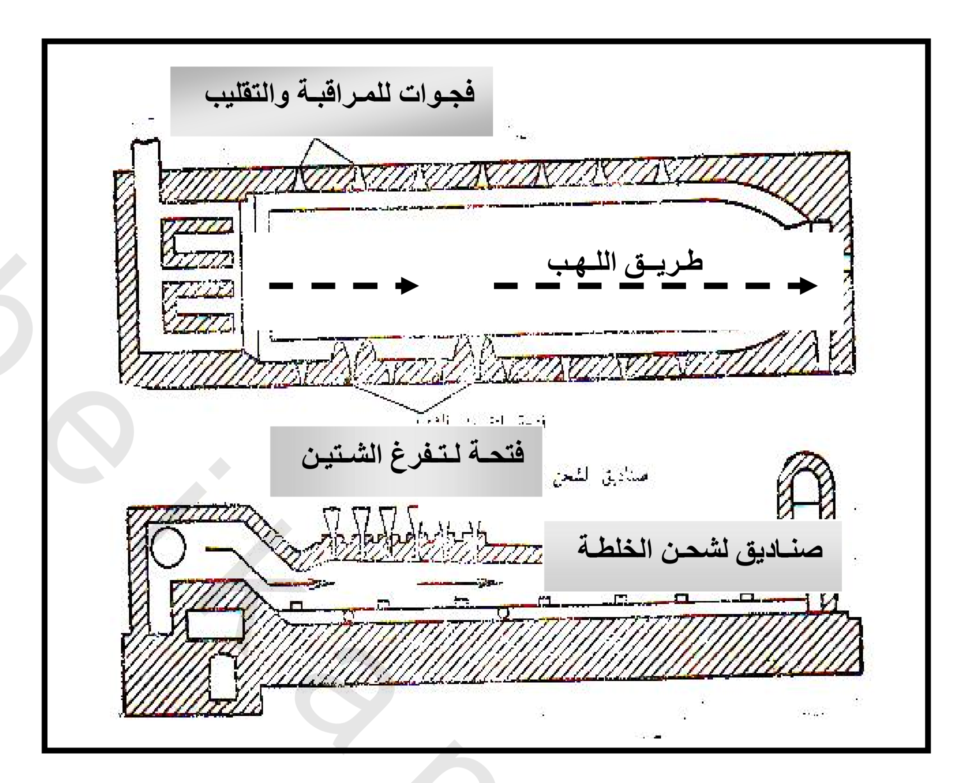
4) **الكوبريت، خام أكسيد النحاس** Cu_2O ويعتبر من الخامات الفقيرة وهناك طريقتان لإنتاج النحاس : الطريقة البيرومتالورجية (الجافة) والطريقة الهيدرومتالورجية (الرطبة) وقد أنتشر إستعمال الطريقة الجافة التي تشغل بها الخامات الكبريتية، ولا يشغل بالطريقة الرطبة إلا الخامات الأكسيدية .

الطريقة الجافة (البيرومتالورجية لإستخلاص النحاس :

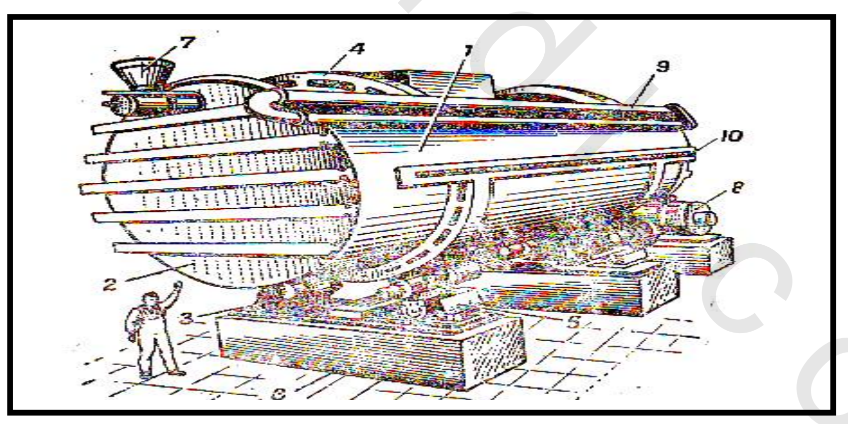
وتتكون هذة الطريقة من العمليات الأتية : 1)- تركيز الخام، 2)- التحميص 3)- التحويل إلي نحاس صخري (شتين) 4) الحصول علي النحاس غير النقي 5)- التنقية

تركيز خامات النحاس الكبريتية ويجري بطريقة الطفو وهي مبنية علي قدرة المركبات الكبريتية علي عدم الابتلال بالماء . فيفتت الخام

قبل التعويم في طواحين ذات كرات حتي يصل حجم حباتة إلي 0,05 – 0,5 مم وبعد ذلك يحمل في ماكينة الطفو المملوءة بالماء فتبدأ جزيئات الخام الكبريتي المفتتة التي لم تبتل بالماء في الصعود إلي السطح أما



رسم تخطيطي للفرن الماكس الشكل (14)



الشكل (15) محول أسطواني لنفخ النحاس الصخري (الشتين)

1- الغلاف 2- القاع 3- أستوانة 4- إطار 5- مسند
6- الأساس 7- العنق 8- تركيبة التحريك 9- ماسورة الهواء
10- فتحات الهواء

جزيئات المادة العاطلة فترسب علي القاع، ةللأسراع يطفو جزيئات الخام الكبريتي تضاف كمية صغيرة من زيت البترول الخام كما ينفخ الهواء خلال الماء فتلتصق فقاعات الهواء المتكونة بجزيئات الخام وتصعد معها علي شكل زبد يقشط ويزال منو الماء .

التحميص :

ويقام بتحميص الخام المركز لتقليل نسبة الكبريت بة ولتحويل بعض كبريتيد النحاس والحديد إلي أكاسيد وعند التحميص تزال كذلك بعض الشوائب الضارة بالخام كالزرنيخ والأنتيمون، ويتم في أفران خاصة بها عدة اقباء في درجة حرارة 800 - 1000^{o}م ويجري شحن الخام المركز بالطفو مخلوطا بالفلكس خلال صناديق توجد علي طول قبة الفرن، وعند درجة حرارة تقترب من 1100 ^{o}م تجري التفاعلات الأتية :

$$Cu2S + 2Cu2\ O = 6Cu + SO2$$

$$2Cu + FeS = Cu2S + Fe$$

$$Cu2O + FeS + SIO2 = Cu2S + FeSiO2$$

ويكون كبرتيد النحاس الثنائي Cu2S وكبريتيد الحديد FeS النحاس الصخري، بينما تعطي المادة العاطلة والفلكس وأكسيد الحديتد الخبث وتتراوح إنتاجية الفرن في الحدود من 2- 6 طن كل 24ساعة لكل متر مربع أرضية الفرن وبعد إ نتهاء الصهر يقشط الخبث ويؤخذ النحاس الصخري للتشغيل في المحولات، ويجري التحويل في أجهزة كمثرية أو أسطوانية الشكل (15) ذات تيار هواء جانبي ويمكن تميز

مرحلتين للتحويل ففي المرحلة الأولي عند نفخ الهواء يتأكسد الحديد حسب المعادلة التالية :

$$2Cu2S + 2FeS + 3O2 = 2Cu2S + 2FeO + 2SO2$$

وفي هذا التفاعل تنطلق حرارة ولتحويل أكسيد الحديد إلي خبث تضاف السيلكا :

$$FeO + SiO2 + FeSIO20$$

ويقشط الخبث المتكون ($FeSiO2$) أما في المرحلة الثانية فيحرق الكبريت المتحد مع النحاس حسب المعادلة التالية :

$$2Cu2S + 3O2 = 2Cu2O + 2SO2$$

ويتفاعل أكسيد النحاس المتكون $Cu2O$ مع كبريتيد النحاس $Cu2S$ المتبقي حسب المعادلة التألية :

$$2Cu2O + Cu2S = 6Cu + SO2$$

ويحتوي النحاس غير النقي الناتج علي شوائب بنسبة نحو 2٪

تنقية النحاس (التنقية من الشوائب الضارة) :

وتتم إما بالطريقة الحرارية أو بالطريقة الكهروكيميائية وتجري التنقية بالطريقة الحرارية في أفران عاكستة ويحتوي النحاس الذي ينتج بواسطها علي 99,5 - - - 99,7 ٪ من عنصتر النحاس ويصب هذا النحاس في كتل أو صفائح مصعدية لعملية التحليل الكهربائي وتستعمل هذه الصفائح للحصول علي تنقية أكثر للنحاس (تصل إلي نسبة

99,98 ٪ من عنصر النحاس) الذي يستعمل لتلبية أحتياجات الصناعات الكهربائية .

الطريقة الرطبة (الهيدرومتالورجية) :

وتستعمل للخامات الأكسيدية الفقيرة يفتت الخام أولا إلي أن يصل حجم حبيبات إلي 2 – 15 مم وبعد ذلك يمر بمرحلة الفرز للحصول علي حبيبات ذات حجم واحد (درجات) وتجري لكل درجة عملية تركيز في ماكينة ترسيب وفي هتذة الماكينة يغسل الخام والمادة العاطلة بواسطة تيار من الماء، ولما كان الوزن النوعي للخام والمادة العاطلة مختلفا ، فإنهما ينفصلان : فيرسب الخام إلي أسفل بينما تبقي المادة العاطلة بأعلي، ويعامل الخام المركز بمحلول مخفف من حامض الكبريتك ويتلو ذلك ترشيحة للحصول علي محلول نظيف ويم ترسيب النحاس من المحلول بالتحليل الكهربائي أو بأحلال الحديد (الخردة) محل النحاس حسب التفاعل التالي :

$$CuSO4 + Fe = FeSO4 + Cu$$

ويعاد صهر النحاس الناتج في أفران لهيبية ثم بنقي .

2- **إنتاج الألومنيوم** :

يعد البوكسيت المادة الخام الرئيسية للحصول علي الألومنيوم، والبوكسيت صخر معدني مركب يحتوي علي هيدروكسيد الألومنيوم AI(OH)a طليقا بنسبة 40 – 60٪ وعلي عدد من الشوائب : Fe2O3 :SiO2 : CaO :TiO2 وغيرها

ويوجد في الإتحاد السوفيتي موارد غنية من البوكسيت وينقسم إنتاج الألومنيوم إلي عمليتين :

1) الحصول علي أكسيد الألومنيوم (الالومينا) من البوكسيت .

2) التحليل الكهربائي للألومينا .

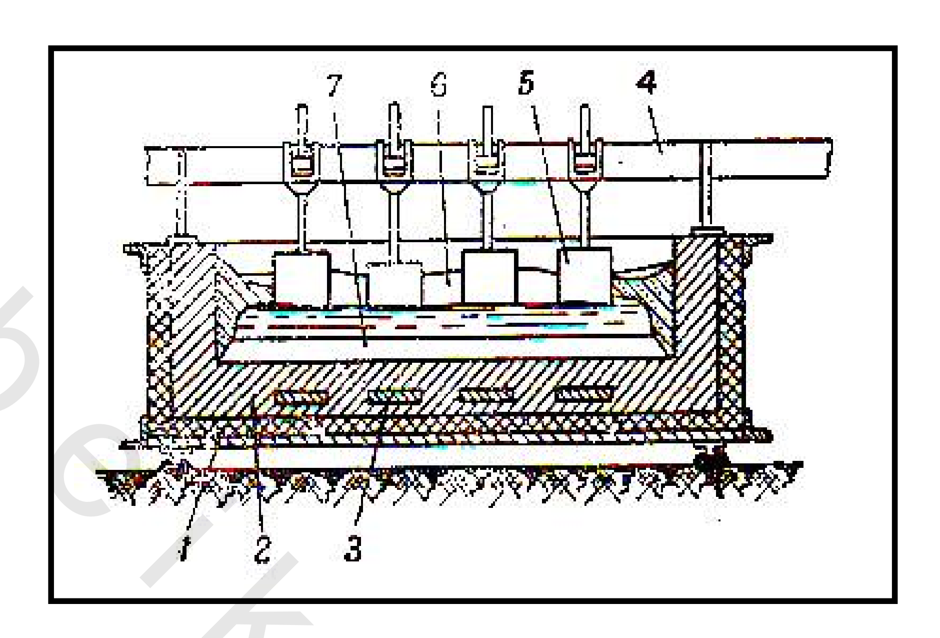
الحصول علي أكسيد الألومنيوم (الطريقة القلوية) :

وفيها يعامل الخام الذي يحتوي علي كمية صغيرة من السيليكا بالمواد القلوية لتحويل هيدروكسيد الألومنيوم إلي الومينات الصديوم :

$$2Al(OH)_3 + 2NaOH = Al_2O_3\,Na_2O + 4H_2O$$

وتذوب الألومينات الناتجة في الماء أما أكاسيد الحديد والكالسيوم والتيتانيوم فإنها تكون رواسب صلبة غير قابلة للزوبان تفصل علي المرشحات الكابسة ، ويجرى المحلول المائي المرشح لالومينات الصوديوم إلي أحواض بها قلابات حيث يتحلل المحلول بواسطة التحليل الكهربائي فينفصل منة راسب الصلب من هيدروكسيد الألومنيوم :

ويرسل الراسب المرشح المغسول إلي الفرن حيث يتحول عند درجة حرارة 1300^{o}م إلي أكسيد الألومنيوم غير المائى Al_2O_3 وقد أستعملت الطرق القلوية لإنتاج الألومينا بأوسع إنتشار .



شكل (16) حمام لتحليل الألومينا

إنتاج الألومنيوم بطريقة التحليل الكهربائي :

يتلخص الحصول علي الألومنيوم من الألومينا في تحليل أكسيد الألومنيوم (كهربائيا) في حمام من الكريوليت AIF33NaF المصهور إلي مكوناتة ومن ختواص الكريوليت AIF33NaF القدرة علي إذابة الألومينا وهو بالإضافة إلي ذلك يخفض درجة إنصهارها التي تقدر بنحو 2000^{o}م ويوضح الشكل (16) تخطيط لحمام التحليل الكهربائي. ويتكون الحمام من غلاف حديدي وبطانة عازلة للحرارة (1) وقاع الحمام وجدرانة، وهي مغطاة بطبقة من الكربون (2) وتوصل المهابط الاطارية (3) المدفونة في القاع بالقطب السالب لمصدر التيار، أما إطار المصعد (4) فتوصل بة الأقطاب الكربونية (5) المدلاة في الحمام، وقبل بدء التحليل الكهربائي تنثر علي القاع الحمم

طبقة رقيقة من الكوك المفتت ثم تنزل الأقطاب حتي تتلامس معها ويوصل التيار 0 وعندما تسخن الطبقة الكربونية إلي درجة الإحمرار يدخل الكريوليت وبعد إنصهاره تشحن الألومينا (6) بما لا يزيد عن 15٪ من الكريوليت بالحمام، وعند هذةالنسبة للأملاح تكون درجة حرارة المحلول من 950- - 1000^{o}م ومع تحلل الالومينا يتجمع الألومنيوم (7) المختزل علي قاع الحمام وتضاف الألومينا لتعويض التحلل .

وتوصل الحمامات علي التوالي في ورشة التحليل الكهربائي في مجموعات بكل منها من 80 – 100 حمام وفرق الجهد بين الأقطاب للحمامات من 5 – 10 فولت مع شدة للتيار نحو 30000 أمبير .

ةيجري صب الألومنيوم مرة كل 50—100 ساعة ويستهلك لإنتاج طن من الألومنيوم نحو2طن مـ، الألومينا و 0,6 طن من الأقطاب الكربونية (المصعد) و 0,1 طن من الكريوليت ومن 16000 إلي 19000 كيلوات ساعة من الطاقة الكهربائية 0 وينقي الألومنيوم الناتج لتخليصة من جزيئات الكريوليت والغازات الذائبة ويحتوي الألومنيوم المنقي علي شوائب بنسبة 0,3 الي 1٪ .

3- **إنتاج القصدير** :

يستخلص القصدير من خاماتة النادرة الوجود نسبيا والتي لا توجد بكميات كبيرة، ويوجد القدير في خاماتة علي شكل ثاني أكسيد القصدير SnO_2 المسمي بحجر القصدير أو الكاسيتريت، ويعثر نادرا علي بيريت القصدير وتكون نسبة

القصدير في الخام عادة صغيرة (0,25 إلي 1٪) أما الباقي فهو مادة عاطلة (كوارتز وفلورسبار) وشوائب وتصل نسبة القصدير إلي 2 – 6٪ في الخامات النسماة بالخامات (الغنية) فقط ويجري علي الخام المستخرج التتركيز والتحضير0 وبعدها يصهر الخام المركز لإختزالة في أفران عاكسة حيث يختزل ثاني أكسيد القصدير SnO2 عند درجة حرارة 800°م بواسطة أكسيد الكربون والكربون الصلب :

$$+ 2CO = Sn + 2CO2 \quad SnO2$$

$$SnO2 + 2C = Sn + 2CO$$

ويحتوي القصدير الناتج علي كثير من الشوائب والتي تصل نسبتها إلي 3٪ وللحصول علي نوعية جيدة من المعدن يحتوي علي 99,99٪ من عنصر القصدير تجري التنقية بالتحليل الكهربائي .

4- **إنتاج الزنك** :

يستخرج الزنك (الخرصين) من خمات الزنك، ويعتبر البلند الخارصيني ZnS أهم خامات الزنك، ويحتوي عادة من 30—50٪ خارصين ويجري للحصول علي الزنك بطريقتين : بطريقة التأقطير (البيرومتالورجية) وبطريقة التحليل الكهربائي (الهيدرومتالورجية) وتتلخص الطريقة الكهربألئية التي حظيت بلإنتشار كبير، في تحميص الخام المركز ثم معالجتة بمتحلول من حامض الكبريتيك ويرسل محلول ZnSO4 بعد تنقية من الشوائب إلي حوض التحليل الكهربائي وبة المصعد من ألواح الرصاص والمهبط من الواح الألومنيوم ويتترسب الزنك في عملية

التحليل علي المهبط ويصهر الزنك المهبطي في أفران عاكسة ذات جو مختزل يقي المتعدن من التأكسد ، ويحتوي الزنك المصبوب في كتل علي 99,95٪ من عنصر الخرصين .

5- إنتاج الرصاص :

يستخلص الرصاص من خاماتة وأهم خامات الرصاص هو الليتارج PbS وتراوح نسبة الرصصاص بالخام في المتوسط من 6—16٪ ويسخلص الرصاص بطريقة الصهر الاختزالي للخام المركز بعد تحميصة مبدئيا ، ويجري التحتميص المبدئي في أفران عاكسة لتحليل كبريتيد الرصاص PbS وتحويل الرصصاص إلي كبريتات PbSO4 ويمكن بواسطة التحميص الثانوي التخلص تماما من الكبريت والحصول علي PbO،

ويختزل الرصصاص عند الصهر في افران أسطوانية بواسطة كربون فحم الكوك حسب المعادلتين :

PbO + C = Pb + CO

PbO + CO = Pb + CO

ويحتوي الرصاص الناتج بعد الاختزال علي شوائب تصل إلي 1,5٪ ويحتوي الرصاص بعد تنقيتة علي 99,95٪ من عنصر الرصاص





القسم الثانى

خواص و اختيار المعادن





الباب الرابع

البنــاء البـلوري للـمعـادن



الأجسام البلورية والأمورفية (الغير متبلورة) :

تتكون جميع الأجسام من ذرات، وتسمي الأجسام التيث يكون وضع الذرات فيها عشوائيا ، دون نظام معين بالأجسام الأمورفية (أي غير متبلورة)، ومن أمثلة هذه الأجسام الزجاج والشمع والقار، والمواد الأمورفية ذات البنيان الذي لا يتخذ أي شكل معين (أيزوتروبية) الخواص، أى أن خواصها الطبيعية في جميع الإتجاهات واحدة .

وعلي العكس من ذلك نجد أن الذرات بالاجسام البلورية تنتظم فيما بينها في نظام دقيق محكم وقد تختلف الخواص الطبيعية لهذه الأجسام إختلافا كبيرا في الإتجاهات المختلفة، ويقال أن هذه الأجسام ذات خواص (أنيزوتروبية).

ومن الصفات المميزة للمعادن بريقها المميز وعدم شفافيتها، وتوصيلها للكهرباء والحرارة .

فالعالم الروسي م. ف. لومونوسوف هو أول من أعطي تعريفا واضحا للمعدن في عبارتة التالية : " المعادن هي أجسام لامعة يمكن طرقها " وهذه الصفات المميزة للمعادن عبارة عن إنعكاس للبناء الذري وتتحد هذة الصفات المميزة للمعادن بخواص العناصر الداخلةبها وبأشكال تجمع الذرات بها، البناء الذري في في المعادن وتجمعات الذرات وتكون جميع المعادن والسبائك المعدنية في الحالة الصلبة، مهما كانت طريقة إستخلاصها أو تشغيلها ذات بناء بلوري بارز المعالم، وبما أن ذرات الأجسام البلورية عامة (وذراتالمعادن علي وجهة الخصوص)

توجد في مستويات وأوضاع فراغية مضبوطة تماما لذا فهذه الذرات تكون فيما بينها مايعرف بالشبكة البلورية الفراغية .

1- **الشبكات البلورية للمعادن**:

وضع العالم الروسي ى، س، فيدوروف في القرن التاسع عشر أسسا لعلم البلورات ونظرية بنائها وهو صاحب الفرض القائل بتوزيع الذرات المنتظم في البلورات . ولقد أثبتت الدراسات التالية لهذة المسألة والتي أجريت في مطلع القرن العشرون والتي أستخدمت فيها الأشعة السينية أن فرض فيدوروف حول وجود الشبكات البلورية صحيح تمام الصحة. وإن أكثر أنواع الشبكات البلورية إنتشارا في المعادن هي :

الشبكة المكعبية متمركزة (مركزية) الحجم (الجسد) :

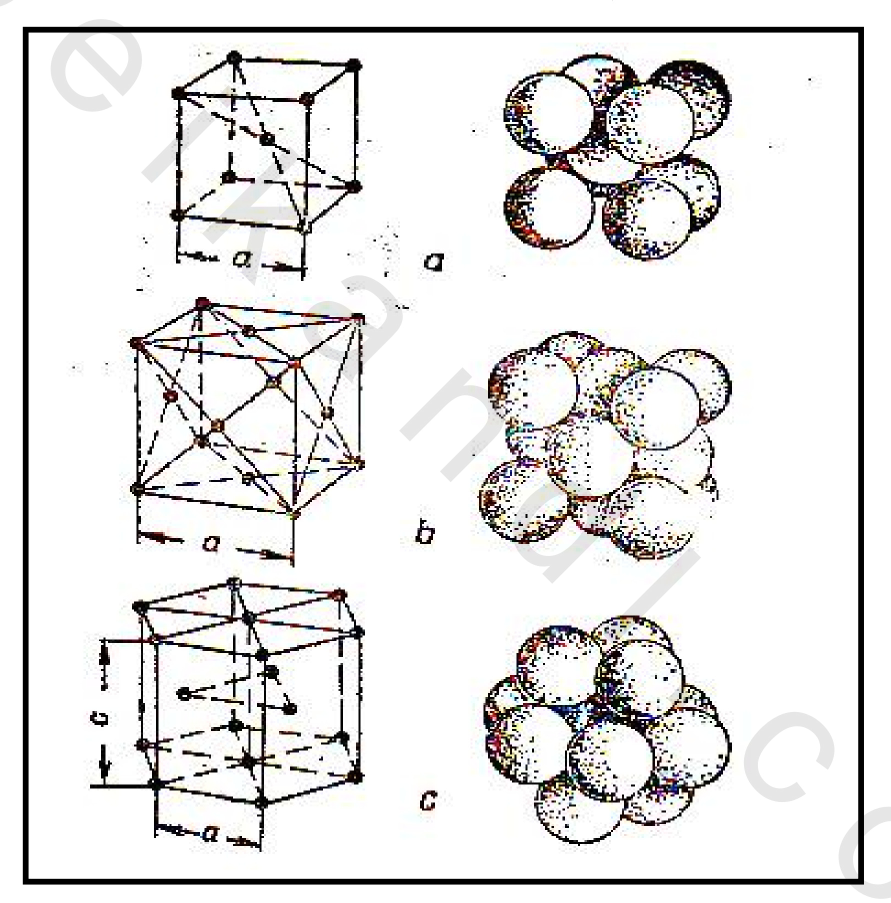
وهي عبارة عن مكعب مركزي من تسع ذرات : ثمانية منها تقع في أركان المكعب، التاسع في مركزة (داخل المكعب) .(شكل 17) وكثير من المعادن ذات شبكة مكعبة متمركزة الحجم، ومن أمثلة هذه المعادن " الليثوم والصديوم والبوتاسيوم والفاناديوم والكروم والحديد والروبيديوم والنيو بيوم والموليدينوم والولفرام (التنجستن) وغيرها " .

وتختلف متغيرات الشبكة (ضلع المكعب) لكل معدن وفيما يلي أطوال المكعب بالأنجستروم :

(A) لبعض هذة المعادن : الليثوم – 3,5 ، البيريليوم – 3,04 ، الولفرام 3,15 ، الحديد 2,87 - المليدنيوم 3,14 – الكروم 02,89

الشبكة المكعبية متمركزة الوجة :

وتتكون الوحدة الأولية لها (شكل 17) من 14 ذرة ثمانية منها في أركان المكعب وستة ذرات كل منها في مركز من أوجة المكعب الستة والمعادن التالية ذات شبكة مكعبية متمركزة الوجهة : الألومنيوم والكالسيوم والحديد والنيكل والنحاس والكوبالت والبلاديوم والفضة والبلاتين والذهب والرصاص .



(شكل 17) وضع الذرات بالوحدات الأولية للشبكة البلورية

a) المكعبية المركزية الداخلية b) المكعبية متمركزة الوجة

c) المسدسية المزدحمة التكديس

وفيما يلي طول طول ضلع المكعب بالانجستروم (A) لبعضها : الألومنيوم 4,05 الحديد 3,63 الذهب 4,08 النحس 3,6 الرصاص 4,94 0

وفيما عدا الشبكت المكعبية نتشر كذلك في المعادن الشبكة المسدسية ووحدتها الأولية ليست مجرد منشور سداسي تقع الذرات في ألاكانة الأثني عشر بل هي عبارة عما يسمي بالوحدة المسدسية المزدحمة التكديس (المكتظة) (شكل 17 c) وبها بالإضافة إلي الذرات الموجودة في الأركان وفي مركزي القاعدتين المسدستين ثلاث ذرات أخري بداخل الوحدة ..

وبالإضافة إلي متغيرات الشبكة البلورية يعتبر عدد الذرات الموجود بالوحدة الأولية والمحيطة بكل ذرة من ذرات الشبكة البلورية من الخواص الهامة للشبكة ويسمي هذا العدد بعدد الترابط، وكلما زاد عدد الترابط كلما كانت الشبكة أكثر تكدسا (إكتظاظا) بالذرات، وعلي سبيل المثال فاللذرة بالوحدة الأولية المكعب البسيط (شكل 17 c) ستة جارات تقع كلها علي أبعد متساوية عنها أي عدد الترابط لهذة الوحدة 06 ودرجة أمتلاء هذة الوحدة بالذرات (معامل التكدس) تساوي 0,52 أي أن 52٪ من فراغ هذه الشبكة تملؤة الذرات و48٪ الباقية مسام .

وبالشبكة البلورية المكعبية متمركزة الحجم (شكل 17 a) لكل ذرة ثماني جارات قريبة ، أي أن عدد الترابط يساوي 08 ومعامل التكديس لهذه الشبكة 0,68 وفي

الشبكة المكعبية متمركزة الوجة (شكل b 17) والشبكه المسدسية المزدحمة التكديس (شكل c 17) تحيط بكل ذرة إثنا عشر جاره قريبة وعدد الترابط لهذة الشبكات 12 لكل مم الشبكتين ومعامل التكدس لكل منهما 0,74 ومن الصفات الهامة للبنيان البلوري كذلك عدد الذرات التي تعد من نصيب كل وحدة أولية للشبكة،

وعلي سبيل المثال فكل ذرة من الذرات المجودة بأركان المكعب في الشبكة المكعبية متمركزة الحجم (شكل a 17) تحتسب كثمن ذرة في الوحدة الأولية ناشئ عن أن كل ذرة من هذة الذرات توجد في آن واحد في ثمان وحدات أولية، ولما كان عدد مثل هذه الذرات8 إذا فتحتسب جميع هذه الذرات في الخلية بذرة واحدة ($\frac{1}{8} \times 8 = 1$) اما الذرة الموجودة بالمركز فتحتسب بجملتها في الوحدة الأولية وبالتالي فنصيب الوحدة الأولية من الذرات : ($\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$ ذرتان وفي حالة المكعب المركزي الوجة تصيب الوحدة الأولية أربع ذرات : $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ ذرة من الذرات الثماني الركنية و $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ ذرات من ذرات مراكز الأوجة).

الترابط بين الذرات في الشبكة البلورية :

يحمل هذا الترابط طابعا خاصا يسمي بالترابط (المعدني) فالفلزات الموجودة في أركان الشبكة البلورية تتنازل بسهولة عن الكترونات تكافئها وتتحول إلي أيونات موجبة الشحنة، وهكذا فتكون في أركان الشبكة البلورية أيونات موجبة بدلا من الذرات المحايدة. ويمتلئ الفراغ بين الأيونات

بالإلكترونات السالبة الشحنة – أى بما يسمي (بالغاز الإكتروني) وتحددالإكترونات الحرة التي تنجذب في وقت واحد إلي عدة أيونات موجبة الصلة بين هذه الأيونات .

2- **خصائص بناء الأجسام البلورية** :

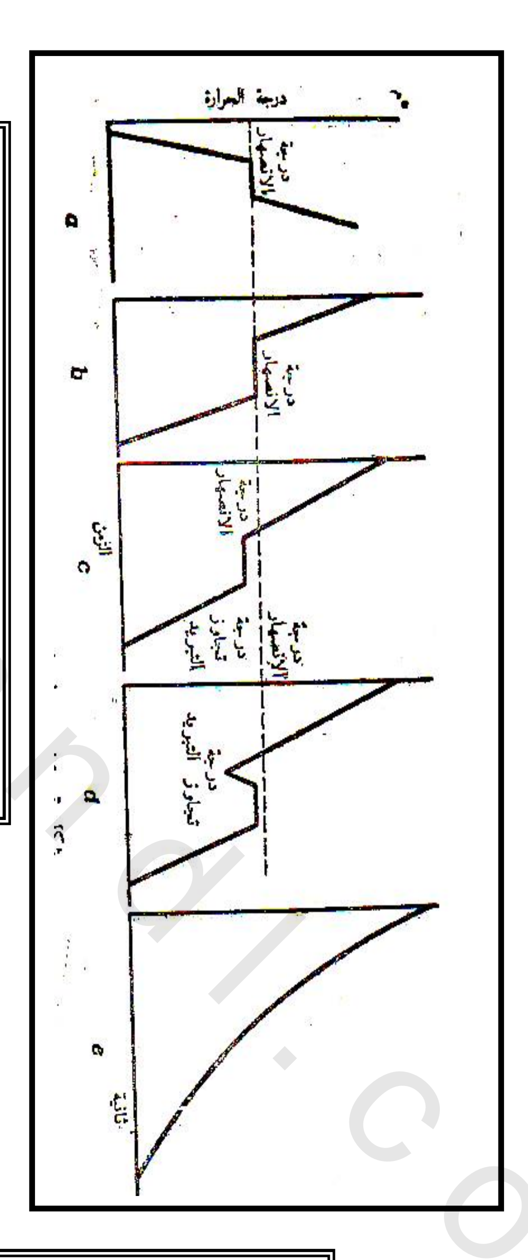
يعطي الوضع الهندسي المنتظم للذرات في الأجسام البلورية سمات خاصة لخواص هذه الأجسام تميزها عن خواص الأجسام غير البلورية أو الأمورفية ، وأول هذه السمات كما بينا أعلاه هي **أنيزوتروبية** الخواص الطبيعية للبلورات في الإتجاهات المختلفة ، فلو أخذنا بلور مفردة كبيرة من المعدن (وتسمي أحيانا – **مونوكريستال**) وقطعنا منها عينات في اتجاهات مختلفة بالنسبة لمحور البلورة وأجرينا عليها الاختبارات لتعيين خواصها الميكانيكية والطبيعية لحصلنا علي إثبات واضح **للأنيزوتروبية** ، وعلي سبيل المثال تبين التجارب التي أجريت علي العينات المأخوذة من بلورة النحاس أو نقطة الكسر (المقاومة القصوي) تتراوح في اتجاهات المختلفة من 14 إلي 35 كج/ مم2 وأن الإستطالة النسبية تتراوح من 10 إلي 55 ٪ كما أن توصيلها للحرارة والكهرباء يختلف إختلاف كبيرا في الإتجاهات المختلفة وللأنيزوتروبية – وهي النتيجة الحتمية للوضع الهندسي المنظم للذرات في الشبكة – أهمية كبيرة في الهندسة والتكنيك ولكن المعادن تتكون عادة من عتدد كبير من البلورات المختلفة في المعدن إلي تماثل خواص المعدن العديد البلورات في الإتجاهات المختلفة عمليا ، وتسمي هذه الظاهرة بالكوازي إيزوتروبية (أى الشبة أيزوتربية) وبالطبع فكلما كانت حبيبات المعدن أدق

كلما كان المعدن أكثر أيزوتروبية ، وينتج عن بعض عمليات التشغيل علي البارد توجية سائد للحبيبات في إتجاه واحد : فتمتد محاور الحبيبات بطول خط التشغيل أي في إتجاه الدلفنة أو السحب مثلا ، وعند وجود مثل هذا البنيان (ويسمي كذلك بالنسيج) تلاحظ أنيزوتروبية الخواص، وعلي سبيل المثال فالخواص الميكانيكية للألواح المدلفنةعلي البارد مقاسة في إتجاه الدلفنة تختلف عنها في الإتجاه العمودي علي إتجاه الدلفنة

3 - **تبلور المعادن النقية** :

توجد المواد في حلات ثلاث : الحالة الصلبة والسائلة والغازية، والسبب في تحويل المواد من حالة إلي أخري هو أن الحالة الجديدة أكثر إستقرارا من الحالة الأولي .

ويمكن تتبع وجود التحولات في المعدن علي منحنيات تسخينة وتبريدة المرسومة في نظام إحداثيات درجة الحرارة والزمن طبقا لنتائج التجارب (شكل 18) فالمعدن الصلب عند تسخنة لدرجة حرارة معينة يبدأ في الإنصهار ونظرا لإمتصاص المعدن للحرارة الكامنة للإنصهار فإن درجة حرارتة تبقي ثابتة ويظهر ذلك في الجزء الأفقي من منحني التسخين (شكل 18 a) ولا تود درجة الحرارة إلي الإرتفاع في الجزء المائل من المنحني إلا بعد الإنصهار الكامل (شكل 18 a)



A – منحني التسخين

B – منحني التبريد دون تجاوز للتبريد

C – منحني بتجاوز للتبريد 0

D – منحني لتجاوز التبريد 0

E – منحني تبريد مادة أمورفية "غير متبلورة "

شكل رقم 18

منحنيات تسخين وتبريد المعدن النقي

وبالمثل فإن المعدن المصهور يبرد تدريجيا حتي درجة حرارة التبلور ولكنة يتجمد عند درجة حرارة ثابتة .

*** [**يتحد الأستقرار بالطاقة للزائد ، وتتحول المواد من الحالة ذات الطاقة الكبيرة إلي الحالة ذات الطاقة الأقل ذاتيا وبذلك فالحلات المستقرة هي تلك التي تملك أقل مقدار من الطاقة الزائدة**] .

(الجزء الأفقي) ويشير هذا إلي فقدان الحرارة بالتبريد تعوضة الحرارة الكامنة للتبلور، وعند إمنهاءالتجمد تنخفض درجة الحرارة تدريجيا (شكل 18 b) ولما كانت درجتا حرارة التبلور والإنصهار بمنحنيات التبريد والتسخين (شكل 18 b, a) تتطبقان فإن هذه المنحنيات تصف عملية التحويل المتوازن للمتعدن .

أما ما يحدث عمليا ، فإن التبلور يجري عند درجة حرارة أقل قليلا من درجة حرارة الإنصهار ، أى أن الجزء الأفقي من منحتني التبريد الذي يجري عنده التجميد منخفض عتن درجة حرارةالإنصهار المتوازنة كمتا هو مبين (بشكل 18 c) وتسمي هذه الظاهرة " بالتبريد المتجاوز " (النظرية) والفعلية للتبلور بدرجة التبريد المتجاوز أو المقدارة .

وعلي سبيل المثال : درجة تجمد الأنتيمون المتوازن t ص = 631°م 0 فإذا كتان الإنتيمون السائل يتجاوز عند تبريدة هذه الدرجة إلي درجة :

t ت = 595^{o}م ويبدأ التبلور عند هذه الدرجة فأن درجة التبريد المتجاوز

$n = 631^{o} - 595^{o} = 36^{o}$ م .

ونظرا للتجاوزو الشديد للتبريد تتكون على منحنى التبريد (شكل d 18) تشير الى ان الحرارة الكامنة للتجمد تخرج فجأة من المعدن عند التبلور نظرا لتجاوز التبريد الشديد ، مما ينتج عنه ارتفاع فجائى لدرجة حرارة المعدن تقترب معه الى t ص.

وتتوقف درجة تجاوز التبريد على سرعة التبريد .فكلما كان التبريد أسرع كلما كان التجاوز اكبر، أما الاجسام **الامورفية** (الغير متبلورة) فناها تتجمد بالتدريج و لا تنتقل انتقالا مفاجئا من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة، و بالتالى ليس لها درجة معينة للتجمد ، و لهذا فان منحنيات تبريد المواد **الامورفية** ذات طابع تدريجى كما يظهر بشكل (e 18)

4 – آلية عملية التبلور :

لقد درس مؤسس علم خواص واختبار المعادن د. ك. تشيرنوف بناء الصلب المصبوب و اثبت ان عملية تبلور النعدن تتكون من عمليتين اساسيتين :

1) تكون مراكز أو انوية للتبلور .

2) نمو البلورات حول هذه المراكز أو الانوية .

فعند درجة حرارة التبلور تتكون فى المعدن السائل مراكز للتبلور، ثم تتجمع حولها الذرات مكونة بلورات ذات شكل هندسى منتظم و لما كان عدد كبير من هذه الانوية يظهر فى وقت واحد ثم تنمو

البورات فى جميع الاتجاهات، فان البلورات المتجاورة باصطدامها فيما بينها تعوق النمو الحر لكل بلورة، و تكون سرعة نمو البلورات على أقصاها فى اتجاه التيار الحرارى . و يؤدى هذا الى تكون بلورات ذات شكل خارجى غير منتظم هندسيا بالرغم من ان بناءاخلى هندسى منتظم، و تسمى هذه البلورات ذات الشكل غير المنتظم **بالكريستاليتات** أو **البوليدرات** كما انها تسمى ايضا **بالحبيبات** .

مراكز التبلور و نموها :

عند التبريد السريع ،و بالتالى عند تجاوز التبريد للمعدن المنصهر يزداد عدد مراكز التبلور التى تظهر فى وحدة الزمن (الدقيقة) فى وحدة الحجوم (سم3) زيادة كبيرة .

و تؤيد الخبرة اليومية فى انتاج المسبوكات هذه الحقيقة ،اذ انه يتكون بالمسبوكات ذات الجدران الرقيقة نتيجة لسرعة التبريد بنيان دقيق الحبيبات، أما فى المسبوكات ذات الجدران السميكة فنظرا للتبريد البطىء يكون بنيانها كبير الحبيبات .

و للحصول على بيبات بالحجم المطلوب يجب ذبط سرعة التبريد فى المسبوكات باتخاذ الوسائل الصناعية : بوضع مبردات أو بالصب فى فورمات معدنية الخ ..

و عدا ذلك تنتشر انتشارا واسعا فى الانتاج الحديث الوسائل الصناعية لخلق مراكز اضافية للتبلور اضافية للتبلور باضافة مواد خاصة تسمى بالمعادلات الى المعدن المصهور .

ومن أمثلة ذلك اضافة الالومنيوم و التيتانيوم الى الصلب و اضافة الفروسليكون و الماغنسيوم و النحاس الى الزهر الرمادى و الصوديوم الى السيلومين الخ ....

5 – **اللوتروبية (تآصل و تعدد اشكال) المعادن** :

يمكن ان يكون لبعض العناصر المعدنية كالحديد و المنجنيز و الكوبلت و القصدير حسب درجات حرارتها شبكات بلورية مختلفة البنيان و بالتالى تختلف خواص هذه البلورات ، و تسمى هذه الخاصية بالألوتروبية (التآصل أو تعدد الاشكال) أو البوليمورفيزم . وجرت العادة على الرمز للحالات الألوتروبية بالأحرف اليونانية α ، β ، γ الخ .

و يصحب تحول حالة الألوتروبية للكعدن الى حالة اخرى امتصاص للحرارة عند التسخسن و باطلاق لهذه الحرارة الكامنة عند التبريد و لهذا يجرى التحول عند درجة حرارة ثابتة . و يمثل التحول الألوتروبى على منحنى التحول الحرارى (فى احداثيات درجة الحرارة – الزمن) بجزء افقى (توقف) .

و التحول الألوتروبى عبارة عن تبلور ثان للمعدم و هو مشابه لعملية التبلور الاول للمعدن من السائل : فلبدأ التحول الألوتروبى يجب ان يكون هناك تجاوز للتبريد بالنسبة لدرجة الانصهار و التجمد الوازنيين، ثم ينشأ عن تجاوز التبريد تكون عدد من مراكز التبلور تأخذ فى النمو حتى تصبح حبيبات جديدة .

وبشكل (19) يبين منحنى تبريد الحديد الذى يوضح التحولات الألوتروبية الحديد فتوقف درجة الحرارة أثناء التبريد عند درجة 1535 ^{o} م ناتج عن التبلور الاول للحديد .

و فـى المنطقـو مـن 1535 ^{o} م – 1390 ^{o} م يكـون الحديـد ذا شـبكة بلوريـة مكعبيـة متمركـزة الحجـم طـول ضـلع مكعبهـا 2.93 أنجسـتروم (Ä) و يسـمى بحديـد – δ (δ Fe). و عنـد درجـة حـرارة 1290^{o} م تتحـول الشـبكة المكعبيـة متمركـزة الحجـم الى شـبكة مكعبية متمركزة الوجه طول ضلع مكعبها 3.65 أنجستروم (Ä) اى ان حديد – δ يتحول الى حديد – γ (Fe γ) .

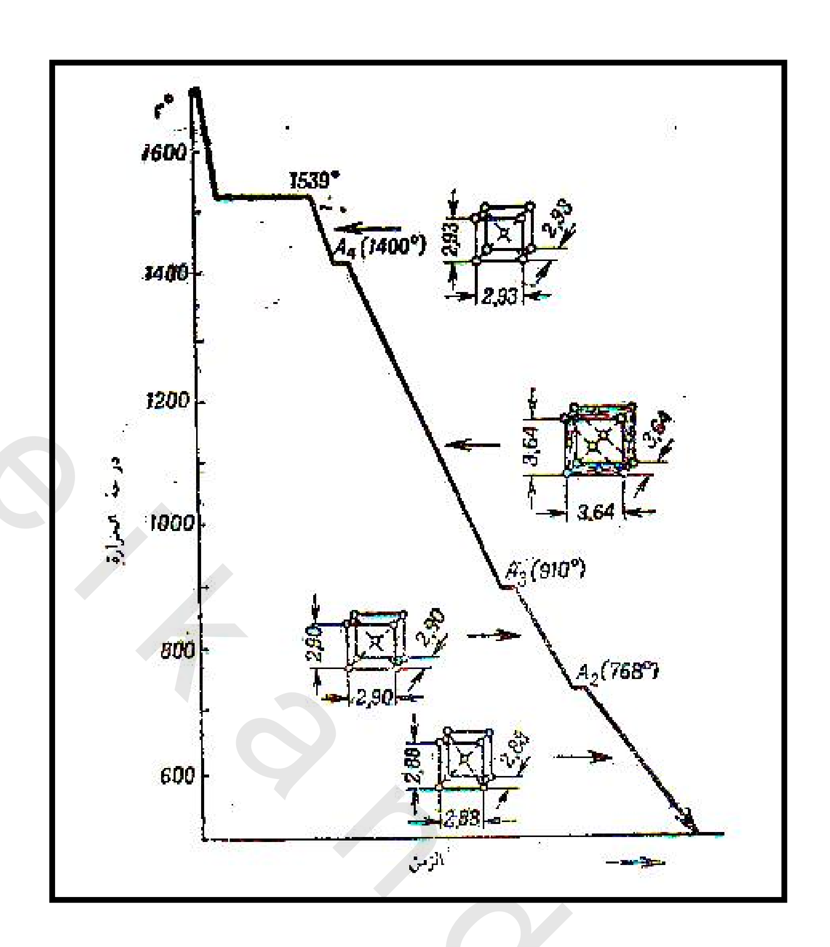
و فى المدى من 1390 ^{o} - 900 ^{o} م يكون الحديد فى الحالة الألوتروبية γ .

و عنـد درجـة 910 ^{o} م تتحـول الشـبكة المكعبيـة متمركـزة الوجـه لحديـد γ الى شـبكة مكعبيـة متمركـزة الحجـم : α Fe طـول ضـلع مكعبهـا Ä2.90، و فـى درجـات الحـرارة الاقـل مـن ذلـك يحـتفظ الحديد بشبكة مكعبية متمركزة الحجم .

أما الخط الافقى على منحنى التبريد و المقابل لدرجة 770 ^{o} م فهو ناتج عن ظهور الخواص المغناطيسية للحديد و ليس عن اعادة بناء الشبكة البلورية :

فالحديد – α فوق هذه الدرجة غير مغناطيسى (و يسمى احيانا بحديد – β) أما فيا تحت 770 ^{o} م فحديد – α مغناطيسى .

و يسبب تغيير بناء الشبكة البلورية للحديد تغيير بعض صفاته : فحديـد – α مـثلا يكـاد لا يـذيب الكـربون الكـربون، أمـا حديـد –γ فيـذيب الكـربون بنسـبة تصـل الى 2 ٪ و يـذوب الكـربون فـى حديـد – δ بنسبة تصل الى 0.1 ٪ .



شكل 19 منحنى تبريد الحديد النقى


الباب الخامس
طرق دراسة و ضبط المعادن
و السبائك



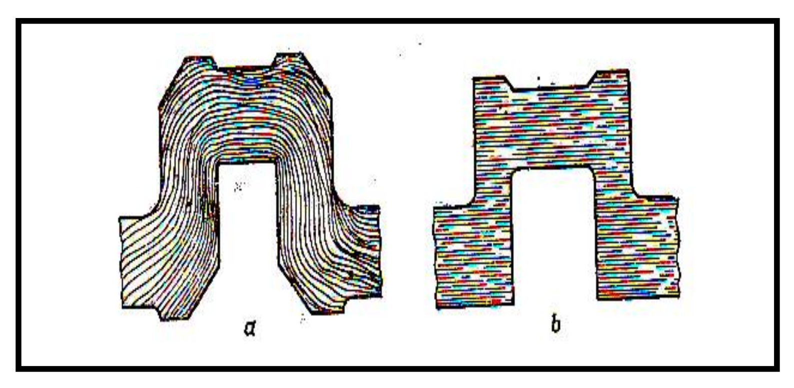
1- **تحليل البنيان المرئى** :

ويسمى بنيان المعادن و السبائك الذى تمكن رؤيته بالعين المجردة او بتكبير لا يزيد عن 30 بالبنيان المرئى لها . ومن أمثلة تحليل البنيان المرئى تحديد حجم الحبيبات و عمق الطبقة المكربنة و درجة تلوث السبيكة المصبوبة بالخبث الخ..

وذلك برؤية مكسر المعدن، و يجرى تحليل البنيان المرى عادة على عينة تجهز خصيصالذلك و تسمى بشريحة البنيان المرئى، و لتجهيز مثل هذه الشريحة تقطع المصنوعة المراد فحصها فى مستوى معين يناظر المكان المراد اختبار العينة فيه ثم تقطع فى هذا المستوى طبعة مسطحة و يكشط سطح الطبعة اولا ثم يصنفر بصنفرة مختلفة الحبيبات، ويبدأ بأخشنها حتى الوصول الى انعمها ثم يعرض السطح المصنفر بعد ذلك للتآكل (النمشى) بواسطة عامل كاشف يصبغ مكونات البنيان بألوان مختلفة أو يذيبها بدرجات مختلفة، و يمكن من البنيان المرئى

(شكل 20) الحكم على اتجاه الالياف فى الاجزاء المطروقة و المعدة بالكبس .

و كذلك على حجم و شكل و وضع الحبيبات فى المسبوكات، و على عزل (تركيز) الكبريت و الفوسفور فى الصلب و وجود فجوات التجمد و الشقوق و هشاشة الترسيب .. الخ ..

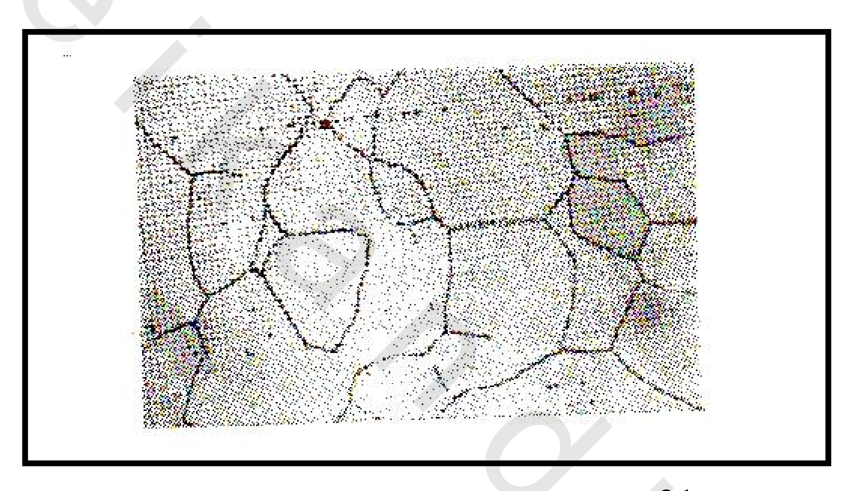


شكل (20) البنية الميكروسكوبية (المرئية) لمقطع طولى لعمود مرفق : a) عمود مكبس وضع الالياف حسب الشكل b) عمود مفطوع من خامة مسطحة، الالياف مقطوعة .

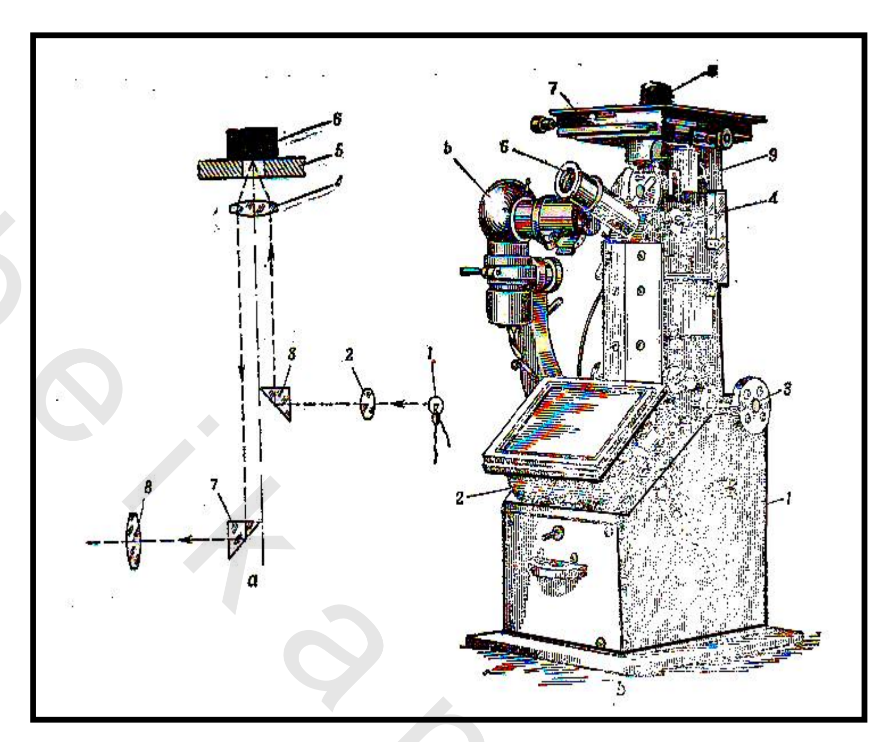
التحليل الميكروسكوبى :

يسمى بنيان المعادن و السبائك عند دراسته بتكبير من 30-1500باستعمال الميكروسكوب بالنيان الميكروسكوبى لها . و قد اقترح اجراء التحليل الميكروسكوبى العالم الروسة ب . ب . أنوسوف فى سنة 1831 م . و يمكن بواسطة تحليل البنيان الميكروسكوبى (شكل 21) تحديد حجم و شكل الحبيبات و وجود العيوب الميكروسكوبية، و طبيعة المعاملة الحرارية أو الحرارية الكيمائية و التركيب الكيميائى للصلب الكربونى المراجع و تحديد مكونات السبيكة .. الخ .. و لتجهيز العينات تقطع قطعة صغيرة من المعدن المراد بحثه و يجلخ أحد سطوحها و يصقل ثم يعرض للنمش و تعرض العينات المصنوعة من الصلب أو الزهر عادة للنمش بواسطة عامل كاشف عبارة عن محلول من حامض النيتريك (فى الكحول) بنسبة 4 ٪، و تفحص العينة المجهرة بهذه الطريقة بواسطة الميكروسكوب المتالوجرافى الذى يعمل بمبدأ انعكاس الضوء . و بشكل (a22) رسم تخطيطى لسير

الاشعة فى الميكروسكوب المتالوجرافى العادى المستعمل للابحاث يستعمل الميكروسكوب الالكترونى الذى يمكن بواسطته دراسة بنيان المعاد بتكبيره قدره 25000 او أكثر، و تستعمل فى الميكروسكوب الالكترونى الاسعة الالكترونية بدلا من الاسعة الضوئية، ولا تفحص بواسطته العينة ذاتها و لكن تفحص طبعة مأخوذة منها على الكوارتز أو على مادة كولloيدية تعكس معالم السطح المبحوث بعد تعريضه للنمش بواسطة العامل الكاشف .



شكل (21) البنية الميكروسكوبية للحديد ، حبيبات من الفريت ،
المظهر الفعال : محلول بنسبة 4 ٪ من HNOs التكبير × 100



شكل (22)

<u>الميكروسكوب الميتالوجرافى :</u>

a) رسم تخطيطى لسير الاشعة :

1- مصدر الضوء. 2- مكثف . 3- منشور . 4- الشيئية .

5- مائدة العينات . 6- العينة المجهرية . 7- منشور . 8- العينية .

b) الشكل الخارجى للميكروسكوب :

1- البدن . 2- غرفة تصوير . 3- مسمار الضبط الخشن .

4- مسمار الضبط الدقيق . 5- مصدر الضوء . 6- العينة .

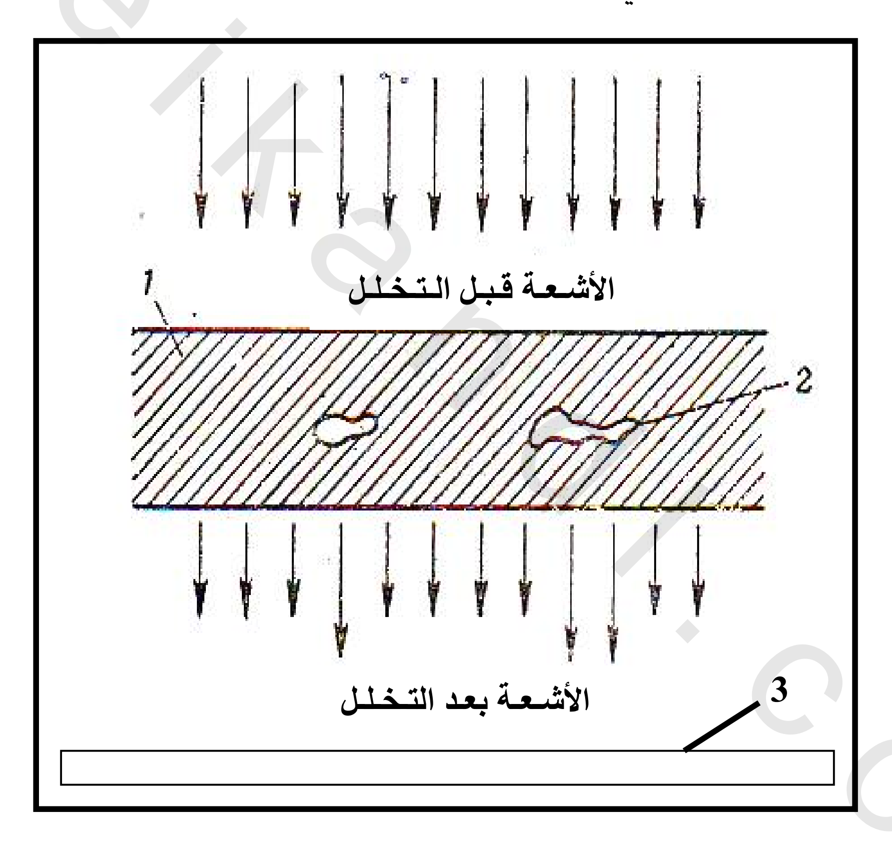
7- ماذدة العينات . 8- العينة المجهرية . 9- الميكروسكوب .

2- التحليل بأشعة رونتجن :

أشعة رونتجن ذات طبيعة مشابة للأشعة الضوئية ولكنها تختلف عنها بقصر موجتها التي في الحدود من 2 ×10- 8 إلى 0,06× 10 – 8 سم، ويمكن بأستعمال أشعة رونتجن لإجراء ثلاثة أنواع من الدرسات للمعادن والسبائك :

1) التحليل بأمرارأشعةرونتجن ، 2) تحليل بنيان المعادن

3- التحاليل الطيفي



رسم تخطيطي لنقص شدة أشعة رونتجن عند مرورها خلال المعدن

1- جزء مسبوك ، 2- فجوة ، 3- فيلم

الشكل رقم (33)

التحليل بأمرار أشعة رونتجن :

ويعتمد علي قدرة أشعة رونتجن – نظرا لقصر موجتها – علي إختراق الأجسام التي لا تسمح بنفاذ الأشعة الضوئية ويمكن بهذه الطريقة الكشف عن العيوب الداخلية للمسبوكات والمطروقات والوصلات الملحومة دون تحطيم الأجزاء المفحوصة ، فالأشعة التي تمر بلأماكن التي توجد بها فجتوات وفترغات غازية – شكل 33 – تمتص بقدرة أقل، وبالتالي فإن تأثيرها علي اللوحة الفوتوغرافية يكون أكبر من الأشعة الأخري 0 ويصل العمق الذي يمكن تتخللة هذه الأشعة في الأجزاء المصنوعة من الصلب لإلي 100مم وفي الأجزاء المصنوعة من الألومنيوم وسبائكة إلي 400 مم . وقد بدئ في السنوات الأخيرة في فحص المعادن بأشعة جاما التي تشعها العناصر المشعة كاماناتيوم، الراديوم، والميزوتوريوم ونظيرة كوبلت وغيرها ، وطبيعة أشعة جاما مشابهة لطبيعة أشعة رونتجن ولكن أمواجها أقصر، ولذلك فقدرتها علي النفاذ أبير بكثير من قدرة الأشعة السينية علي الفاذ .

تحليل بنيان المعادن :

ويعتمد على قدرة المستويات الذرية للبلورات على عكس أشعة رونتجن حسب القانون :

$$N\lambda = 2d \sin \Theta$$

حيث :

n - عدد صحيح. ، λ - طول موجة أشعة رنتجن.

d - المسافة بين المستويات فى البلورة.

Θ - زاوية انعكاس أشعة رونتجن عن المستوى فى البلورة.

و تسجل أشعة رونتجن المنعكسة على لوحة فوتوغرافية للحصول على صورة بالاشعة يمكن دراستها و استنتاج ما يمكن استنتاجه من معلومات . و يسمح تحليل بنيان المعادن بتحديد نوع الشبكات البلورية للمعادن و السبائك وبقياس متغيراتها .

التحليل الطيفى :

و فكرته مبنية على قدرة ذات العنصر فى ظروف الاثارة الدائمة على اشعاع خطوط معينة من الطيف . و يجرى هذا التحليل باستعمال جهاز يسمى(**المطياف) او (السبكتروجراف**)، يمكن بواسطته دراسة أطياف الجزء المبحوث دون تحطيمه، و يجرى على اساس المعلومات التى تحصل عليها التحليل الكمى و النوعى للتركيب الكيميائى للسبائك المنظورة و يستعمل التحليل الطيفى بنجاح لدراسة الصلب و سبائك المعادن غير الحديدية .

3- **التحليل الحرارى** :

يتلخص التحليل الحرارى فى تحديد درجات حرارة النحولات الطورية (النقط الحرجة) عند تسخين المعدن (او السبيكة) أو تبريده ثم انشاء رسم بيانى للعلاقة بين درجة الحرارة و الزمن . و تدل الانحناءات او الاجزاء الافقية من الرسم (18) على درجة حرارة التحولات من طور لاخر التى يصحبها اطلاق للحرارة (عند التبريد) او امتصاص لها (عند التسخين) و يمكن اجراء التحليل الحرارى فقط فى الحالات التى يصحب تحول المعدن فيها تبادل حرارى ملحوظ .

التحليل التمددى (الديلاتومترى) :

الطريقة التمددية لتحديد النقط الحرجة أكثر حساسية (و بالتالى أكثر دقة) من الطريقة السابقة . و تقوم هذه الطريقة على مبدأ تغير حجم المعدن (أو السبيكة) المنظور فى لحظة التحول . و لا يرتبط مقدار التغير فى الحجم بسرعة التسخين او التبريد وتعد هذه الخاصية من اهم مميزات التحليل التمددى، و يجرى قياس درجة الحرارة بأجهزة تسمى بالبيرومترات، و تقسم هذه الاجهزة حسب مبدأ عملها الى ثلاثة أنواع :

1) الكهروحرارية . 2) الحرارية . 3) الاشعاعية .

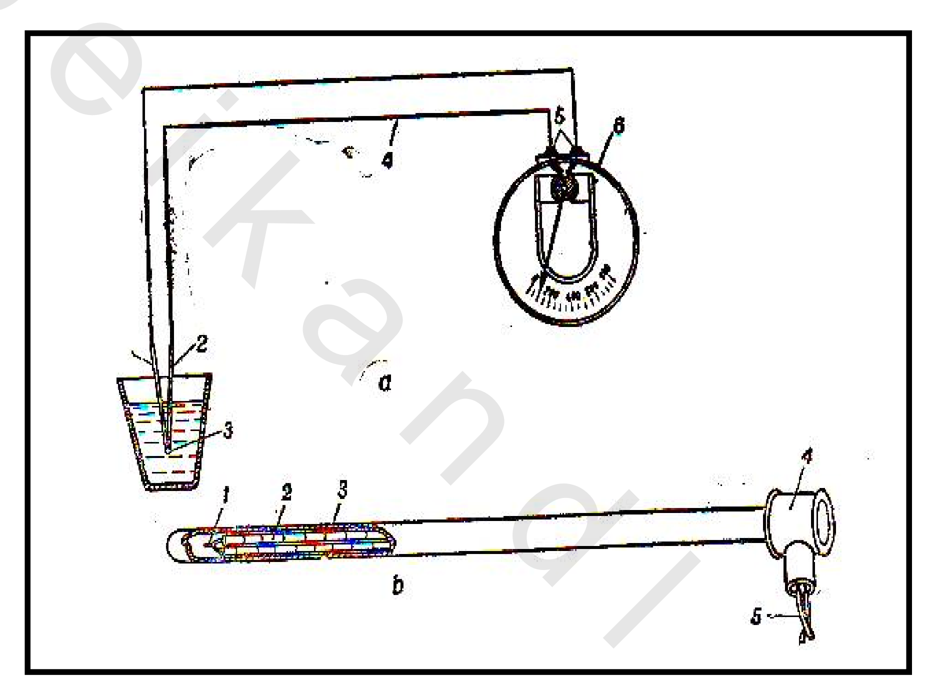
و تستعمل على نطاق واسع البيرومترات الكهروحرارية و الضوئية .

البيرومتر الكهروحرارى :

شكل (24، a) ويتكون من ازدواج حرارى و جلفانومتر، و الازدواج الحرارى عبارة عن سلكين 1 ، 2 من معدنين مختلفين ملحومين معا عند أحد الطرفين، و عند تسخين مكان الاتصال 3 يظهر فرق فى الجهد بين الطرفين الحرين يقدر باجزاء من الالف من الفولت . و يوصل الطرفان الحران بواسطة الاسلاك 4 الى طرفى 5 الميلليفولتميتر 6 الذى يتحرك مؤشره من الوضع الصفر بزاوية تتوقف على مقدار فرق الجهد . و بالميلليفولتميتر يوجد تدريجان أحدهما بالميلليفولتات و الثانى بالدرجات . و تستعمل لقياس درجات الحرارت التى لا تتعدى 700 ^{o}م ازدوجات حرارية من **الحديد و الكونستانتان** . و قد حظيت الازدواجات الحرارية من **الكروميل و الأليوميل** بانتشار

كبير فى ورش المعاملة الحرارية ، و تستخدم لقياس درجات الحرارة حتى 1000 ^{o} م .

أما درجات الحرارة الاعلى من ذلك (حتى 1600 ^{o} م) فتقاس بازدواجات حرارية من البلاتين و البلاتينو- ايريديوم .و لحماية الازدواجات فى أنبوبة من الخزف أو الكوارتز ثم تغطى بغطاء من الصلب (شكل 24، b)



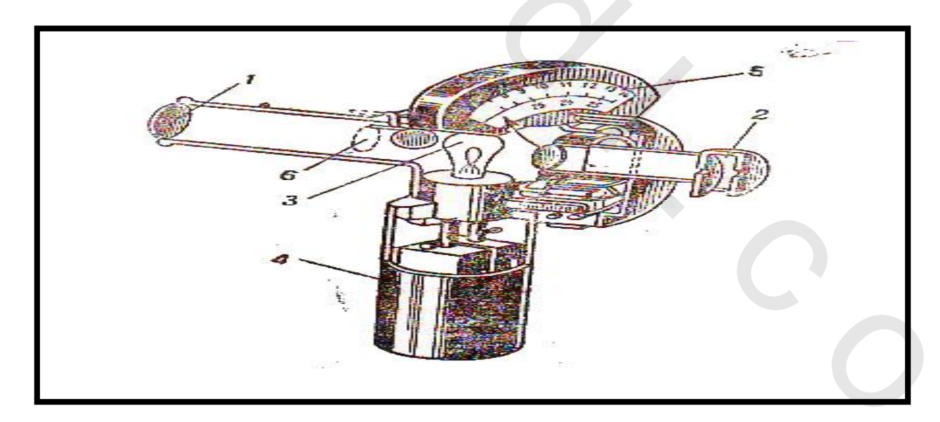
شكل (25) البيرومتر الكهروحرارى :

a) رسم تخطيطى للبيرومتر الكهروجرارى: 1 ،2- سلكان من معدنين مختلفين. 3- نقطة الاتصال 4- أسلاك 5- طرفان 6- ميللفولتمتر.

b) شكل خارجى للازدواج الحرارى: 1- نقطة الاتصال 2- جلب من الطين الحرارى 3-غلاف من الصلب 4- رأس 5- أسلاك

البيرومتر الضوئى :

ويقوم بقياس درجة الحرارة بتقدير شدة اضاءة الجسم المتوهج و ذلك بمقارنته بالشعيرة المتوهجة لمصباح كهربائى درجة حرارتها معروفة . و يتكون البيرومتر الضوئى شكل (25) من أنبوبة للرؤية موضوع بداخلها مصباح متوهج تقع شعيرته فى منتصف مجال الرؤية . و يوضع أمام الانبوبة مرشح أحمر لقياس درجة الحرارة فى الحدود من 800 – 1500 ^{o} م، و لقياس درجات الحرارة الاعلى من ذلك يوضع زجاج مدخن لاضعاف شدة الضوء . و عند توجيه الانبوبة الى الجسم المتوهج تشاهد شعيرة المصباح سوداء فى مجال أحمر . و عند توصيل التيار من البطارية و ضبط شدته بالريوستات يبدأ فى تسخين شعيرة المصباح حتى ينطبق الضوء الذى يشعه الجسم المتوهج و الذى تشعه الشعيرة تماما . و يتحرك مؤشر الجهاز حسب قوة التيار المار بالمصباح على تدريج تبين عليه درجة الحرارة المقابلة لتوهج الشعيرة فى اللحظة الراهنة .

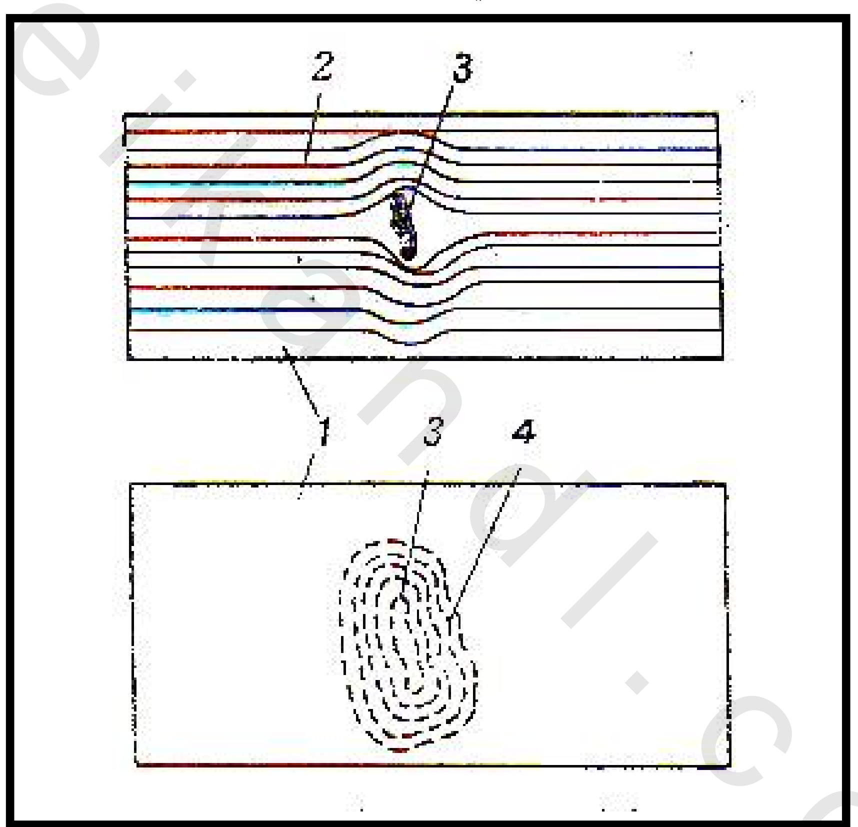


شكل رقم (25) البيرومتر الضوئى :

1- الشيئية. 2- العينية . 3- مصباح كهربائى . 4- بطارية . 5- تدريج . 6- زجاج مدخن .

4- **التحليل المغناطيسي (كشف العيوب بالطرق المغنطيسية):**

وقد حظيت هذه الطريقة بإنتشتار واستع لأنها تسمح بضبط جودة الأجزاء الجاهزة والنصف مجهزة دون إتلافها وتمغنط المصنوعة المراد فحصها أولا ، فتتفرق خطوط القوي المغنطيسية عند الأماكن التي توجد بهأ عيوب .



الشكل رقم 26

رسم تخطيطي لوضع خطوط القوي المغناطيسية بجزء من عيب
1- الجزء 2- خطوط القوي المغناطيسية 3- خبث 4- خطوط القوي المغناطيسية عند العيب.

كما تتكون أقطاب عند طرفي العيب وعند نثر البرادة علي المصنوعة (في الطريقة الجافة) أو المستحلب المغناطيسي (في الطريقة الرطبة) تبدأ الدقائق المغناطيسية فبالإنجذاب إلي الأقطاب المتكونة مما ينتج عنة شكل واضح المعالم (شكل 26) يبين مكان وهيئة العيب . وبعد الفحص تزال مغتنطة المصنوعة ويمكن بواسطة الطرق المغناطيسية الكشف عن كثيرمن العيوب مثل الشقوق والشعيرات والفجوات والعصوص غير المعدنية وعدد من العيوب الأخري.


الباب السادس
طرق إختبار الخواص الميكانيكية



تحدد الخواص الميكانيكية قدرة المواد علي مقاومة تغير شكلها وإنهيارها عند وقوعها تحت تأثير القوي الخارجية. وتتوقف هذه الخواص علي نوع المادة وطريقة تشغيلها وبنيانها الداخلي والشكل المصنوع وعلي عدد من العوامل الأخري .

وتحدد الخواص الميكانيكية للمواد بأختبار عينات مجهزةخصيصا لذلك علي ماكينات خاصة . **وهذه الإختبارات يمكن أن تكون :**

1- إستاتيكية ، عندما تكون زيادة تحميل العينة بطيئة وتدريجية.

2- ديناميكية وذلك تحت تأثير قوي خارجية تؤثر بسرعة كبيرة (صدمة).

3- متكررة متغيرة عندما يتغير مقدار الحمل وإتجاهةعل مدي الإختبار.

وفيما يلي نستعترض أكثر من أختبارات الخواص الميكانيكية إنتشارا.

1- أختبار المواد بالشد :

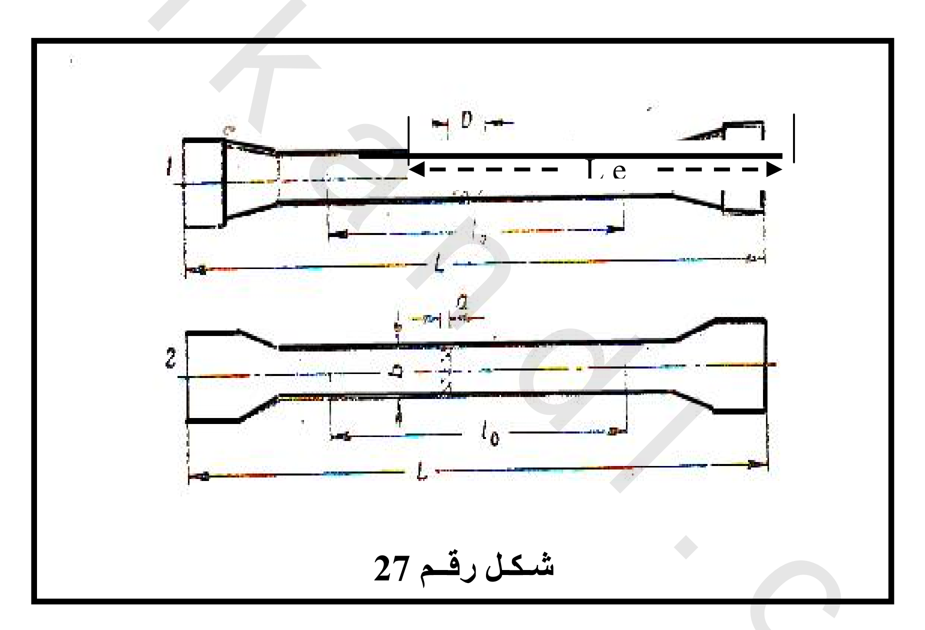
يعد إختبار المواد بالشد أختبارا ستاتيكيا ، ويجري لتحديد متانة المعادن والسبائك ولدونتها :

- متانة : المعدن أو مقاومتة هي قدرة المعدن علي مقاومة الإنهيار تحت تأثير القوي الخارجية المؤثرة علية .

- المرونة : هي قدرة المعدن علي إستعادة شكلة عند إزالة التحميل المسبب لتغير الشكل .

- اللدونة : هي قدرة المعدن علي تغير شكلة وأبعادة تحت تأثير القوي الخارجية دون أن يتحطم مع أحتفاظة بشكلة الجديد بعد إزالة التحميل .

وتستعمل لإختبار المواد بالشد عينات أسطوانية ومسطحة عادية وقصيرة وقد وحدت أبعادها وشكل العينات حتي يمتكن مقارنة النتائج بعضها ببعض..

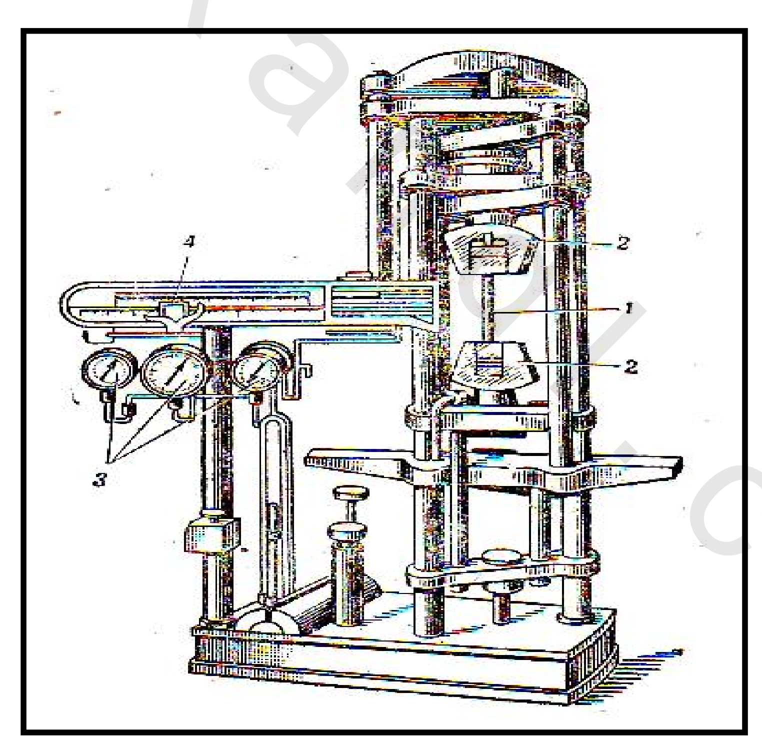


شكل رقم 27

1- عينة أسطوانية:L– الطول الكلي للعينة I - الطول الحسابي للعنة
D- القأطر الإبتدائي للعينة 2- عينة مسطحة : A - سمك العينة
B - عرض العينة

وبشكل 27 أوردنا الشكل العام لعينات أختبار الشد ويسمي الجزء الأوسط من العينةبالجزء العامل ويحدد عتلية الطول الحسابي ويؤخذ مساويا لعشرة أمثال القطر للعينات العادية وخمسةأمثالة للعينات القصيرة وعند أختبار العينات العادية غير الموحدة أو المسطحة يحدد الطول الحسابي للعبنة العادية من المعادلة $I0 = 11,3\sqrt{Fo}$

والعينات القصيرة من المعادلة $I0 = 5,65\sqrt{Fo}$ حيث Fo مساحة مقطتع العينتة بالمليمتر المربع وبشكل 28 رسم لماكينة هيدروليكية لاختبار المواد بالشد، وتثبت العينة 1 قبل الإختبار بواسطة الرؤوس في القوابض 2 .



الشكل رقم 28ويسمي الجزء الأوسط من العينة بالجزء العامل

وعند تشغيل الماكينة يبدأ عمود المكبس في الإرتفاع تحت ضغط الزيت الذي تدفعة المضخة تحت تأثير عمود المكبس يبدأ القابض العلوي في الحركة إلي أعتلي في حين يظل القابض السفلي ثابتا ولذلك فإن العينة تبدأ في الإستطالة حتي تتكسر ويمكن تحديد مقدار تحميل العينة في أي لحظات التجربة بواسطة المانومتر 3 أو تدرج الماكينة 4 وتزود ماكينات اختبار الشد عادة بأجهزة خاصة ترسم أوتومتيكيا منحني تغير طول العينة حسب التحميل ويسمي هذا المنحني بمنحني الشد .

ولقد أوردنا في الشكل التالي رقم 29 هذا المنحني لعينة من الصلب اللين (ذي نسبة الكربون المنخفضة) ويمثل المحورالرأسى التحميل P أما المحور الأفقي فيظهر الإستطالة المطلقة للعينة ΔI والنقط والجزاء المميزة بهذا المنحني هي :

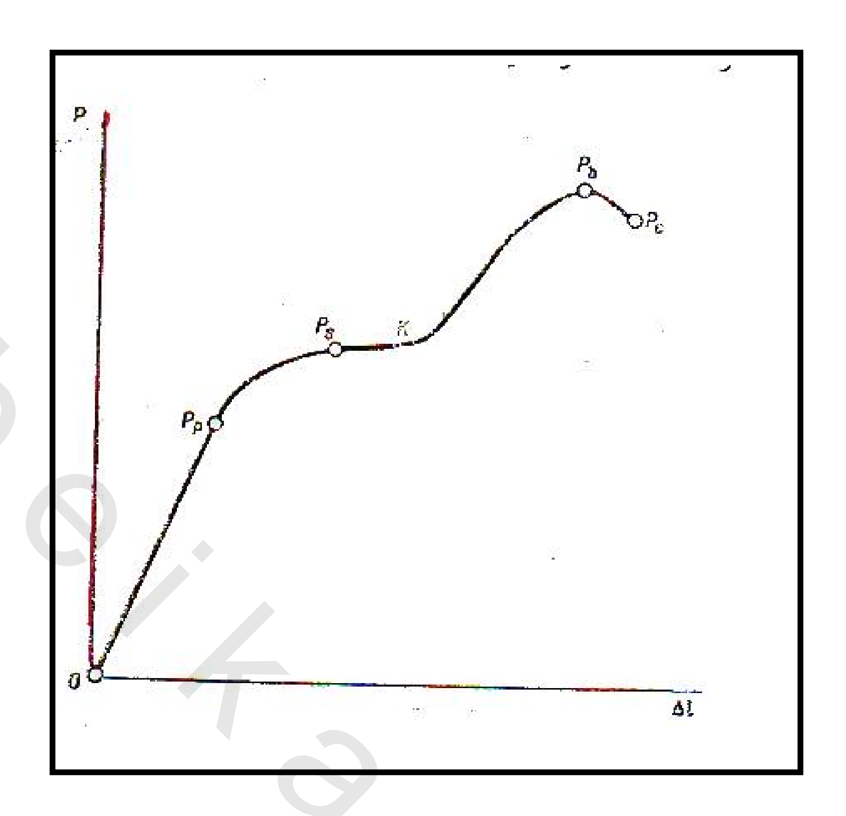
1- الجزء المستقيم O--Pp وتحتفظ العينة علي مداه بالتناسب بين الإستطالة والتحميل ،

2- نقطة الإنحناء الحاد - - - Ps علي المنحني.

3- الجزء الأفقي من Ps – K وفية تنساب العينة تحت حمل ثابت .

4 – النقطة Pb وتمثل أقصي حمل (الحمل المناظر لتكوين عنق للعينة) .

5- النقطة Peوتمثل التحميل عند إنكسارالعينة .



شكل رقم 29

بيان شد عينة من الصلب الكربوني

وتحدد الإجهادات في النقط الموضحة أعلاه الخواص التالية :

حد التناسب (المرونة) δp ويحسب من المعادلة

$$\delta p = \frac{Pp}{Fo}$$ كج/ مم2

حيث Pp - - - التحميل (كج) عند حد التناسب،

Fo - - - مساحة مقطع العينة (مم2) عند بدء الإختبار .

حد الإنسياب : δs ويحسب متن المعادلة :

$$\delta S = \frac{Ps}{Fo} \text{ كج/سم}^2$$

حيث Ps – التحميل (كج) عند حد الانسياب .

أقصي إجهاد (المقاومة القصوي) δb وتحسب من من المعادلة

$$\delta b = \frac{Pb}{Fo} \text{ كج / مم}^2$$

حيث Pb شسهو أقصي حمل بالكيلوجرام .

وبالإضافة إلي الخواص الموضحة أعلاه فإنةيمكن عند أختبار الشد تحديد لدونة المادة ونقدر بالإستطالة النسبية δ ٪ أو بتناقص مساحة المقطع النهي Ψ٪ وتعين الإستطالة النسبية من المعادلة

$$\delta = \frac{I1 - I0}{I0} \times 100 \%$$

حيث I1— طول العينة بعد الإنكسار

أما تناقص مساحة المقطع النسبي فيحسب من المعادلة

$$\Psi = \frac{Fo --- F1}{Fo} \times 100 \%$$

حيث F1 --- مساحة العينة عند مكان الإنكسار

مثال : عند اختبار عينة من الصلب قطرها 10مم كان أقصي حمل Pb=3140 كج .

ما مقدار نقطة الكسر δb للمادة عند الشد ؟

الحل : مساحة مقطع العينة

$$Fo = \frac{\mu D2}{4} = \frac{3,14 \times 10^2}{4} = \frac{3,14 \times 100}{4} = 78,5 \text{ متم2}$$

نقطة الكسر عند الشد

$$\delta\, b = \frac{Pb}{F0} = \frac{3140}{78,5} = 40 \text{ كجم / مم 2}$$

مثال : مامقدار الإستطالة النسبية δ ٪ إذا كان الطول الحسابي للعينة قبل الإختبار 50 مم وبعد الإختبار كان طولها 60مم ؟

$$\delta = \frac{I1 \text{ ---- } Io}{Io} \times 100 = \frac{60 - 50}{50} \times 100 = 20 \text{ ٪}$$

2- أختبار الصلادة :

الصلادة هي قدرة المادة علي مقاومة إنضغاط الأجسام الأخري الأكثر صلادة فيها . وتعد أختبارات الصلادة من الإختبارات الستاتيكية واجراء هذه الإختبارات سهل يسير سريعا ولا يؤدي إلي تحطيم الجزء المختبر، ولهذه الأسباب فقد لقيت أختبارات الصلادة إنتشارا واسعا في التطبيق الصناعي .

أختبار الصلادة بجهاز برينل : (مقياس الصلادة البرينلي)

وتستعمل هذه الطريقة لتحديد صلادة الأجزاء غير المصلدة (كالقطع المدلفنة والمطروقة والمسبوكة والاسطمبات والتركيبات وغيرها) وفي هذه الطريقة تضغط كرية من المصلد المقسي ذات قطر D يضغط ثابت P في سطح الجزء المختبر بعد تنظيفةعلي حجر الجلخ أو بالصنفرة (شكل 30) فكلما كان المعدن أكثر صلادة كلما كان قطر الأثر الذي علية الكرية أصغر وتضغط الكرية بأستخدام إما مكبس هيدروليكي أو مكبس ميكانيكي برافعة كما ذكرناة في الشكل التالي رقم 30، b رسما لمكبس هيدروليكي يتكون من البدن 1 – والصامتولة الثابتة 2- واللولب 3- توضع العينة 5- علي المائدة 4- ثم تقرب إلي الكرية 7 – بتحريك العجلة 6- ثم يضغط الزيت بواسطة ذراع المضخة 10 – من الخزان إلي أسطوانة المكبس فيخلق بذلك الضغط اللازم علي الكرية ، وفي الوقت ذاتة يؤثر هذا الضغط علي المكبس ذى الأثقال 11 والمانومتر 9 وبواسطتة يمكن قياس الضغط P علي الكرية وبعد ذلك يزال الضغط ويقاس قطر الأثر D الذي تركة الكرية بعدسة خاصة عليها تدريج خطواتة 0,1 مم ويختار قطر الكرية ومقدار الضغط حسب سمك والصلادة التقريبية المختبر حسب الجدول التالي :

سمك العينة مم	قطر الكرية مم	الضغط Pb كج		
		2D30 للصلب والزهر	2D10للنحاس الصلد والنحاس الصفر والبرونز وما شابة	2D 2,5 للمواد اللينة
أكثر من0006	10	3000	1000	250
من 6- 3 0000	5	750	250	62,5
أقل من 0000	2,5	187,5	62,5	15,6

وزمـن أبقـاء الضغـط 10 ثـواني للمـواد الصـلدة و30 ثانيـة للمـواد اللينـة ويحسـب رقـم الصـلادة البرينـلي (ويرمـز لـة Ha) مـن المعادلـة :

$$\frac{P2}{(\ 2\ d\ ---\ \overline{2D}|\ \ ---\ D\ )\ D\mu} = HB$$

حيث D – قطـر الكرية من الصلب، مم

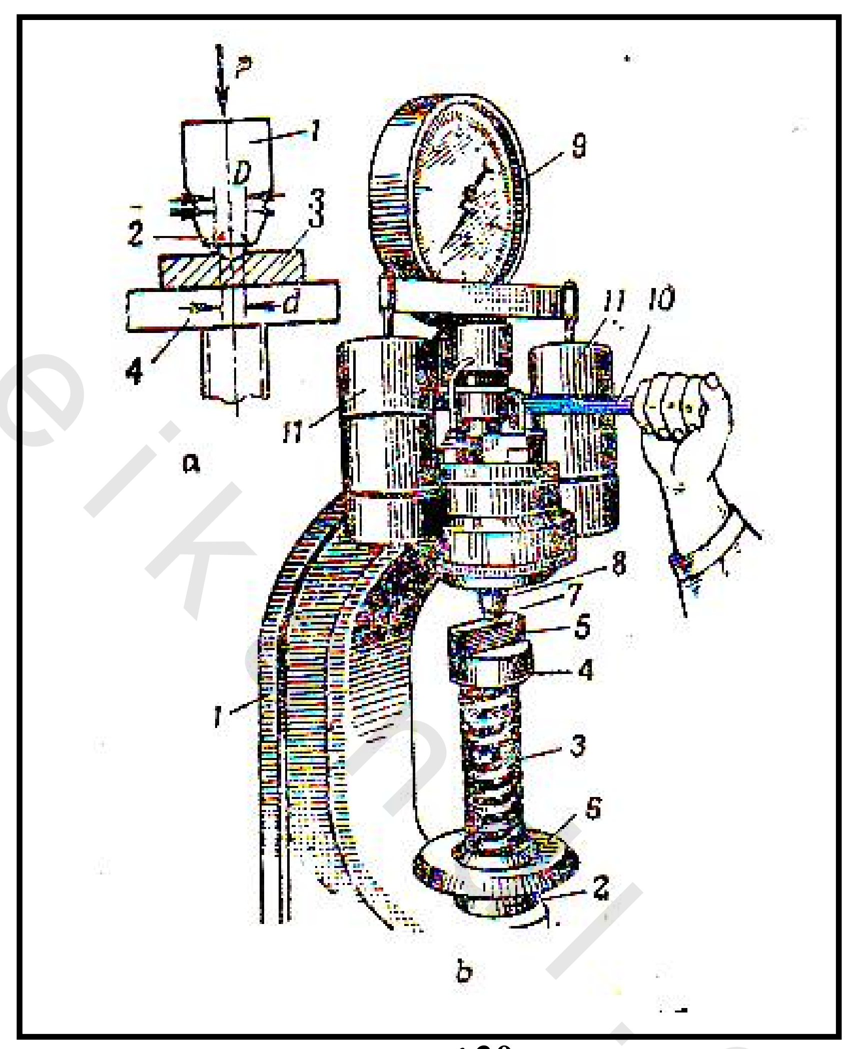
D قطـر أثـر الكـرية، مم

وتستعمـل لحسـاب رقـم الصـلادة عمليـا جـداول معطـي بهـا قيمـة Ha بمعلومـةقطر أثـر الكـريـة، ومـن الثـابت أن Ha ونقـطة الكسـر δb يرتبطـان بالعـلاقـة التـاليـة.

للصلب المدلفن $\delta b = 0,36\ Hs$،

للصلب المسبوك $\delta b = (\ 0,3 \div 0,4\ )\ H\ s$

للزهر الرمادي $\delta b = 0,1\ H\ s$



شكل رقم 30 أختبار الصلابة البرينلي

A: رسم تخطيطي 1- حامل الكرية 2- الكرية 3- المادة المختبرة 4- مائدة البينات

B: الشكل الخارجي للمكبس : 1- البدن 2- الصامولة الثابتة ، 3- اللولب ، 4- مائدة العينات ، 5 – المادة المختبرة 6- العجلة ، 7- الكرية من الصلب 8- الحامل الضاغط ، 9- مانومتر ، 10 ذراع طلمبة الزيت ، 11- أثقال

وتحدد صلادة المادة المختبرة علي مبين الجهاز (شكل 31

ولا ينصح بإستعمال طريقة برينل لإختبار المواد البالغأة الصلادة كما لمصنوعات المكربنة والمعاملة بالنتروجين والصفائح الرقيقة .

مثال : ما مقدار نقطة الكسر لنوع من الصلب الكربوني إذا كان H s له 120؟

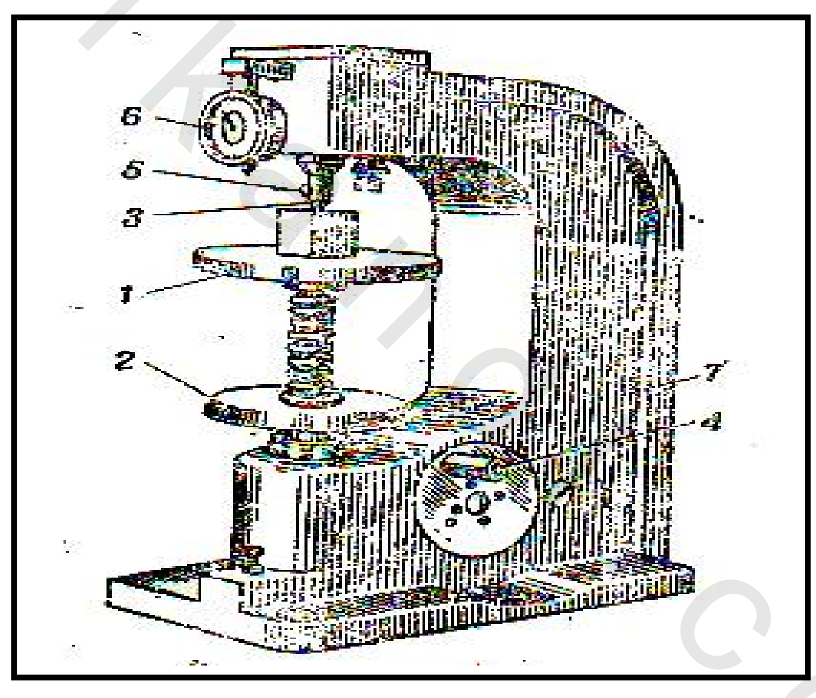
الحل : δb = **0,36** HB = 0,36 × 120 = 43,2 كج/مم2

أختبار الصلادة بجهاز روكويل : (مقاس الصلادة الروكويلي) .

لأختبار صلادة المواد بطريقة روكويل، تضغط علي سطح الجزء المختبر، كرية من الصلب قطرها 1,59 مم أو مخروط من الماس راوية قمتة 120^{o} 0 وتختبر المواد اللينتة بالكرية المصنوعة من الصلب أما المواد الصلدة فتختبر بالمخروط الماسي .

وبعكس طريقة برينل تقاس الصلادة بطريقة روكويل لا بمساحة الأثر ولكن بعمق تغلغل الضاغط (الكرية أو المخروط الماسي) في السطح المصنوعة، ويجري الطرف علي مرحلتين : يعطي أولا ضغط أبتدائي قدرة 10كج، وبعد ذلك يعطي الضغط الرئيسي وقدرة 90 كج، عند الإختبار بالكرية و 140 كج عند الإختبار بالمخروط الماسي دون رفع الضغط الإبتدائي، وبعد فترة قصيرة (5ثواني) يرفع الضغط الرئيسي وتحدد صلادة المادة المختبرة علي مبين الجهاز (شكل 31) ورقم الصلادة الروكويلي يتناسب مع الفرق بين عمقي الأثرين الناتجين عن تأثير الضغط الرئيسي والضغط الإبتدائي وهو ما يبينة متؤشر الجهاز وعلي وجه المبين

تدريجيا : أحدهما التدرج B باللون الأحمر ، ويبين الصلادة عند الإختبار بالكرية، والثاني التدريج C باللون الأسود، ويبين الصلادة عند الإختيار بالمخروط الماسي ويرمز للصلادة بالرمز R مع إضافة رمز التدريج الذي أجري بالنسبة إلية الإختبار RB عند الإختبار بالكرية الصلبة و Rc عند الإختبار بالمخروط الماسي، ولإختيار المواد البالغأة الصلادة يستعمل مخروط ماسي تحت ضغط قدرة 60 كج وتؤخذ القراءة في هذه الحالة التدرج الأسود ويرمتز لرقم الصلادة بالرمز RA .



(شكل **31**) جهاز روكويل من طراز " ديورومتر ")

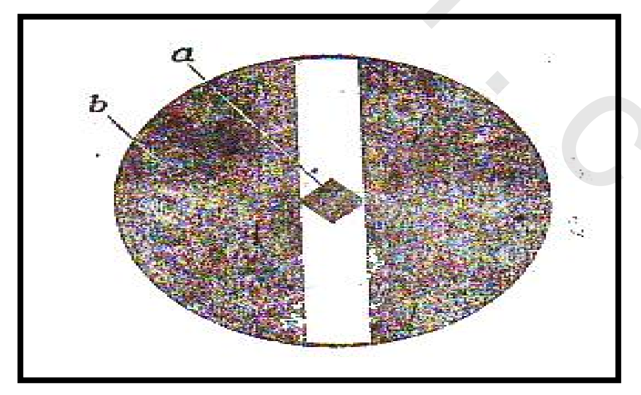
1- مائدة **2**- حدافتة **3**- مخروط ماسي **4**- يد **5**- طرف ، **6**- مبين ، **7**- البدن

ومن مميزات طريقة روكويل الدقة الكبيرة والإنتاجية العالية وصغر الأثر(الختم) الذي يتركة الإختبار علي المصنوعة وبساطة الإختبار وهناك جداول ومنحنيات خاصة لتحويل رقم الصلادة الروكويللي إلي رقم الصلادة البرينلي .

أختبار الصلادة بجهاز فيكرز (مقياس الصلابة الفيكرزي) :

تسمح هذه الطريقة بقياس صلادة الطبقات السطحية الرقيقة الناتجة عند الكربنة أو النتردة أو المعاملة السيانية (الكربونتروجينية) كما يمكن بولسطتها قياس صلادةالمواد الشديدة الصلادة المصنوعات ذات المقطع الصغير وتعين الصلادة بضغط هرم رباعي مسي زاوية قمتة 136^o في المادة المختبرة ويجري الضغط تحت تأثير حمل قدرة – 5، 10 ، 20، 30، 50، 100، 120 كج 0 ثم تقدر مساحة الأثر الناتج بقياس قطرة بواسطة ميكروسكوب مثبت علي الجهاز وزيادة دقة القياس يعتم جزء مجال الرؤيتة الذي لا يشغلة الأثر بضلفات صغيرة (شكل 32) .

الرؤية الذي لا يشغلة الأثر بضلفات صغيرة (الشكل 32) ويحسب رقم الصلادة الفيكرزي من المعادلة التالية .



شكل رقم 32 تخطيطي للأثر عند إختبارفيكرز

A : الأثر B : ضلفات المكروسكوب

$$Hv = \frac{P}{F} Kg / mm2$$

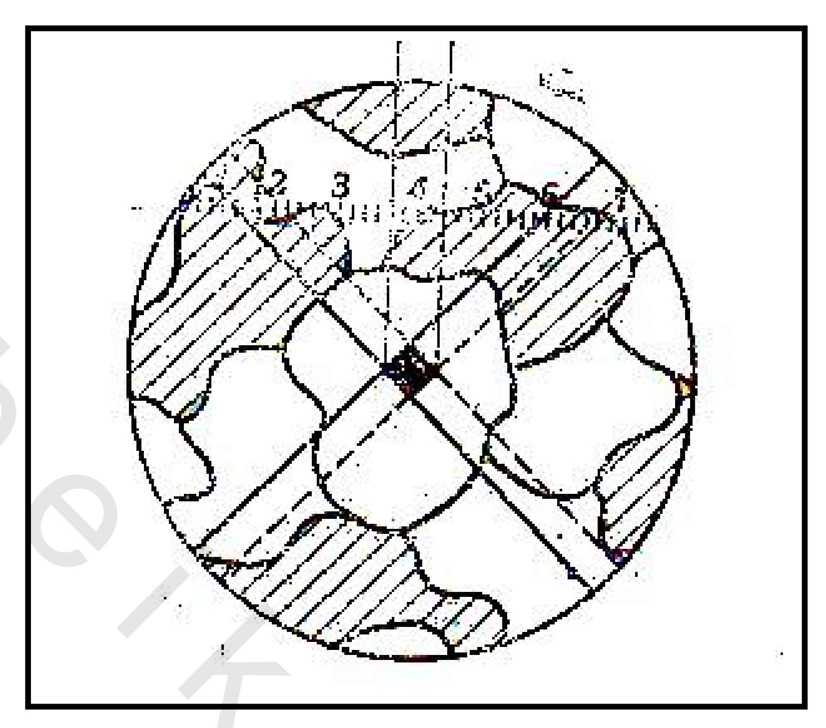
حيث P -- الضغط (كج)،

F --- مساحة الأثتر الهرمي (مم2)

ان مقياس الصلادة الفكرزي يتصف بنفس الأرقام التي يتصف بها مقياس الصلادة البرينلي . أما أرقام الصلادة التي تحدد بهذة الطريقة للمواد ذات الصلادة حتي 450 فتتطابق معا .

تحديد الصلادة الميكروسكبية (الصلادة الميكروسكبية) :

وتستعمل لتحديد صلادة الطبقات الرقيقة جدا للطلاء بالمعادن والإجزاء الصغيرة للأجهزة والعدادات وبعض مكونات بنية السبائك والشعيرات المعدنية وما أشبة، ويجري الإختبار بواسطة ضغط هرم مسي زاوية قمتة 136^o في سطح المادة المختبرة، ويجري الضغط تحت تأثير حمل يتراوح قدرة بين 1 إلي 200 جم فبعد الضغط يقاس طول قطر الأثر الناتج d (شكل 33) بواسطة الميكروسكوب الميتالورجي الذي يكون الجزء الأساسي من الجهاز وتستعمل لتحديد رقم الصلادة الميكروسكوبية في المعادلة التالية :



شكل 33 رسم تخطيطي لتحديد مقاس الأثر عند أختبار الصلابة الميكروسكبية

حيث : H ---- رقم الصلادة الميكروسكبية،

P ---- الضغط بالجم،

d ---- طول قطر الهرم بالميكرون

1,8544---- معامل حسابي ثابت

3-إختبار مقاومة الصدمات :

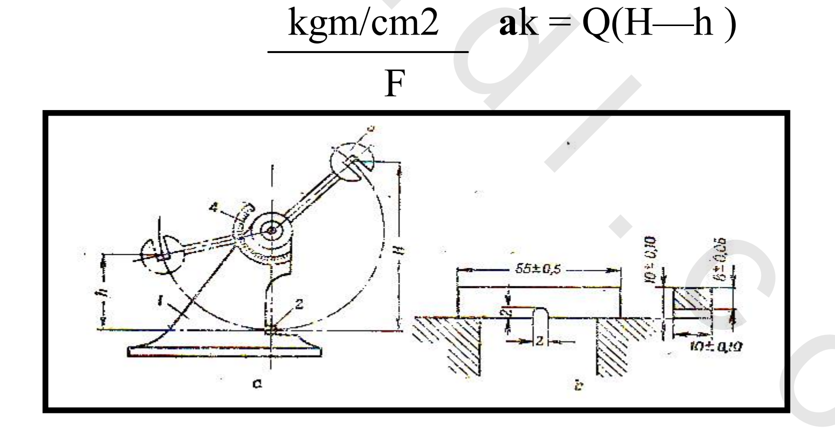
أنتشرأختبار مقاومة الصدمات للمعادن إنتشارا واسعا بالنسبة للأنواع الأخري من الإختبارات الديناميكية نظرا لبساطة طريقتة وكذلك لدقتة وتطابق النتائج التي يحصل عليها منة و يسمح هذا الإختبار بتحديد مدي مقاومة المادة للإنكسار عند تعرضها للصدمات0 ويجري الإختبار علي جهاز خاص يسمي

بدقـاق شـارني (شـكل34) وذلـك بكـسـر العينـة بصـدمـة مـن بنـدول ثقيل يسقط عليها من إرتفاع محـدد وتجهـز العينـة المختبرة بشـكل قيـاسي موحـد (شـكل 34 b) وبهـا حـز في منتصـف أحـد جانبيهـا ، ولاجراء الإختبار توضع العينة علي حامل الدقاق بحيث يكـون الحـز في الجانب البعيد عن الضدمة وبعد ذلك يرفع البندول ووزنـة Q إلـي إرتفـاع H ثـم يتـرك ليسـقط سقوطـا حـرا وبكسـر البنـدول عـند سقوط العينـة ثـم يرتفـع الـي أرتفـاع h ويحـدد الشـغـل A المجـدول لكسـر العينة بالفرق بين بين طاقة وضع البـندول قبل الصدمـة QH وطـاقـة الوضـع التي بقيتت لدية بعد الصـدمـة Qh وطـاقـة الوضـع التي بقيت لـدية بعـد الصـدمـة Qh وهـكـذا فإن :

$$A = QH --- Qh = Q (H – h) Kgm$$

وتقـدر مقـاومـة المـادة للصـدمـات a k بالنسـبة بيـن الشـغـل المبـذول لكسـر العينـة إلي مسـاحـة مقطعهـا في مكـان الصـدمـة F سـم :

$$ak = \frac{Q(H—h)}{F} \text{ kgm/cm2}$$



(شـكل 34) رسـم تخطيطي لدقاق البنـدول A : شـكل تخطيطي للدقاق : 1- البدن ، 2- العينـة، 3- الدقاق ، 4- تدريج B : عينـة لأختبـار مقـاومـة الصدمات

ويمكن حساب الشغل المبذول لكسر العينة من جداول تعطي فيها قيمة هذا الشغل حسب زاوية إرتفاع البندول بعد الصدمة ، وتحدد زاوية إرتفاع البندول بواسطة مؤشر ينزلق علي تدريج الجهاز .

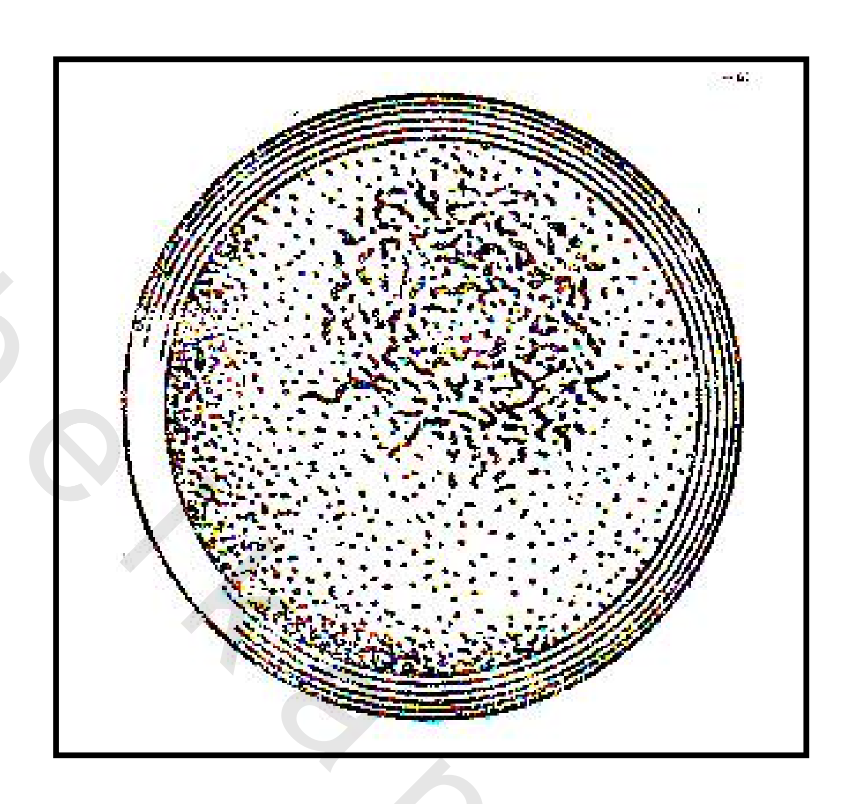
وقيمة a k للمواد الهشة بالغة الإنخفاض (0,1 --- 0,2 كجم /سم2) أما للصلب فهي تتراوح بين 2 – 12 كجم/سم2 .

إختبار مقاومة الكلال :

تسمي ظاهرة إنكسار المعادن تحت تأثير الإجهادات المتكررة أوالمتغيرة

الإتجاه (وبالكسر الكالي) للمعادن ، ويمكن أن يحدث الكسر الكلالي عند إجهادات تقل كثيرا عن المقاومة القصوي وقد تقل حتي عن مقدار حتد الإنسياب .

ويسمي قدرة المعدن علي مقاومةالإنكسار في هذه الظروف "بمقاومتة للكلال " والسبب في كل المعادن هو الإنزلاقات التي تحدث في الحبيبات البلورية الموجودة في أسوأ وضع بالنسبة للقوي المؤثرة وتساعد هذ الإنزلاقات علي تكوين شقوق بالغة الدقة ، تزداد تدريجيا تحت تأثير التحميل المتكرر أو المتغير الإتجاة حتي تصل إلي مستويات اتصال الحبيبات ، وبعد ذلك تنتشر علي مدي هذه الحدود ، يتكون الكلال (شكل 35) .



(شكل 35) مكسر الكلال

من منطقتين واضحي المعالم منطتقتة خارجية ومنطقة داخلية، والمنطقة الخارجية ذات سطح ناعم مثل الرخام وهي منطقة الشقوق المتزايدة تدريجيا، أما المنطقة الداخلية، وتتميز ببناء حبيبي، فهتي منطقة الانكسار المفاجئ، وتحدث ظاهرة الكلال، كما بينت التجارب، عند تخطي إجهاد الكلال لحد الكلال للمادة، وحد الكلال هو أكبر إجهاد تتحملة المادة خلال عدد معين (أساسي) من دورات التحميل دون أن تنكسر، وتختبر عينات الصلب لتحديد مقاومها للكلال علي مدي عدد أساسي قدرة 5,000,000 دورة، اما عينات المعادن غير الحديدية فتختبر علي مدي عدد أساسي من الدورات قدره 20,000,000 وهناك عدد

كبير من الماكينات الخاصة لإختبار مقاومة الكلال عند الإنثناء والشد إلخ . ولقد حظي بأوسع إنتشار أختبار مقاومة الكلال أثناء الإنثناء، ولهذا الهدف حمل العينة المراد إختبارها بحمل يقوم بثني العينة المراد إختبارها بحمل يقوم بثني العينة التي تقوم أثناء ذلك بالدوران بسرعة كبيرة فتنشأ في العينة إجهادات متغيرة في الإشارة (ضغط وشد) تتبادل التأثير علي العينة طيلة مدة الإختبار ولتعين حتد الكلال (حد الإعياء) تختبر مجموعة من العينات (6 – 8 عينات) تجهز من نفس السبيكة وتختبر العينة الأولي عند إجهاد يساوي للصلب δb 0,6 ، وللمعادن غير الحديدية δ b0,4 ويظل هذا الإجهاد ثابت طوال التجربة . ثم يعين بواسطة العداد عدد الدورات التي أنكسرت بعدها العينة، ويقلل الإجهاد للعينة الثانية وما يليها بمقدار 2—4 كج /مم2 حسب عدد الدورات التي تتكسر بعدها العينة السابقة، نعين حسب نتائج الإختبار أقصي إجهاد لا يسبب إنكسارالعينة، هذا الإجهاد وهو حد الكلال المطلوب تعينة .

ولقد لوحظ أن تجليخ الأجزاء الهامة بالماكينات وتلميعها بعناية يطيل كثيرا في مدة عملها، وبالعكس فإن وجود الخدوش والحزوز علي سطح الجزء والإنتقال المفاجئة .. وغيرها تنقص كثيرا من مقاومة المعدن للكلال نتيجة لتركز أجهادات المادة في هذه الأماكن .

4- **إختبار مقاومة التزحف** :

تنفعل الأجزاء المعدنية المحمتلة بإجتهادات ضعيفة نسبيا في درجات حرارة مرتفعة ويتغير شكل هذه الأجتزاء وأبعادها تدريجيا ببطء بالغ علي متدي الأيام والشهور .

وتسمي هذة الظاهرة " تزحف " المعادن، ويجب أخذ هذه الظاهرة بعين الإعتبار عند تصميم وإختبار مادة أجتزاء الماكينات والأجهزة التي تعمتل في درجات الحرارة المرتفعة لأن الإستطالة ىد التدريجية للمعادن المتزحف تؤدي إلي نقصان مقطأعة وقد تنتهي بإنكسار الجزء .

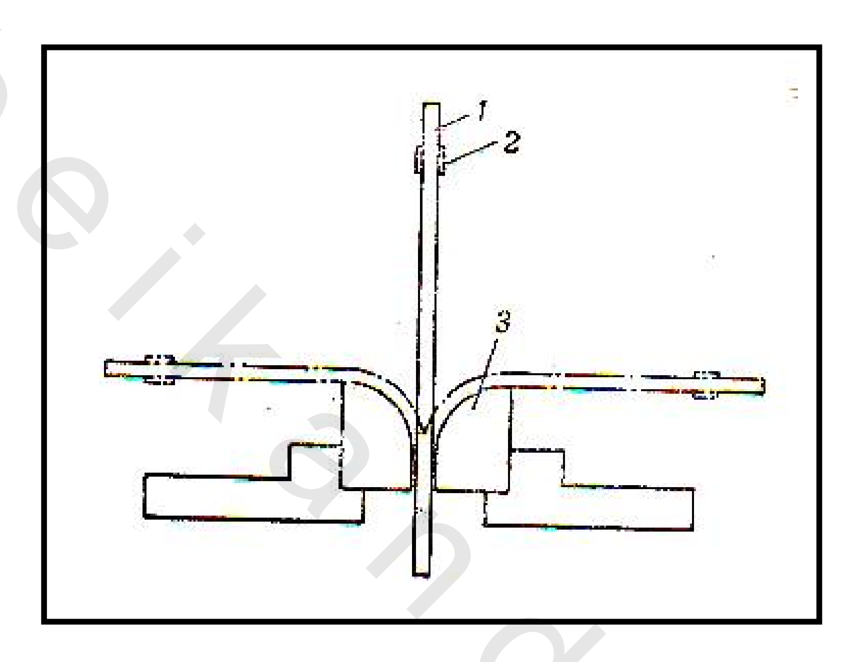
وعند إختبار مقاومة المواد للزحف توضع العينة في فرن كهربائي وتسخن إلي درجة الحرارة المطلوبة مع تحميلها في الوقت ذاتة بواسطة تركيبة من الروافع، وفي أوقات محددة يقاس تغير شكل العينة تحت تأثير هذا الحمل، ويرسم من هذه المعلومات منحني التزحف بين إحداثى (الإستطالة – الومن) .

وتختبر عادة عتند درجة الحرارة الواحدة عدة عينات محملة بأحمال مختلفة، ، ويعين " حد التزحف " من المنحنيات التي نحصل عليها، وهو أكبر إجهتاد تنشأ عنة في المادة السرعة المسموح بها لتغير الشكل عند درجة الحرارة المطلوبة، ومثال ذلك أن حد التزحف لاجزاء المراجل البخارية (الغليات) والتوربينات والأجهزة الكيميائية التي تعمل في درجات الحرارة المرتفعة (من 300--600°م) يؤخذ مساويا للإجهاد الذي تنشأ عنة سرعة للإستطالة قدرها 0,01٪ في السنة أى 0,000001 ٪ في الساعة .

5- **الإختبارات التكنولوجية (العمليات التقريبية)** :

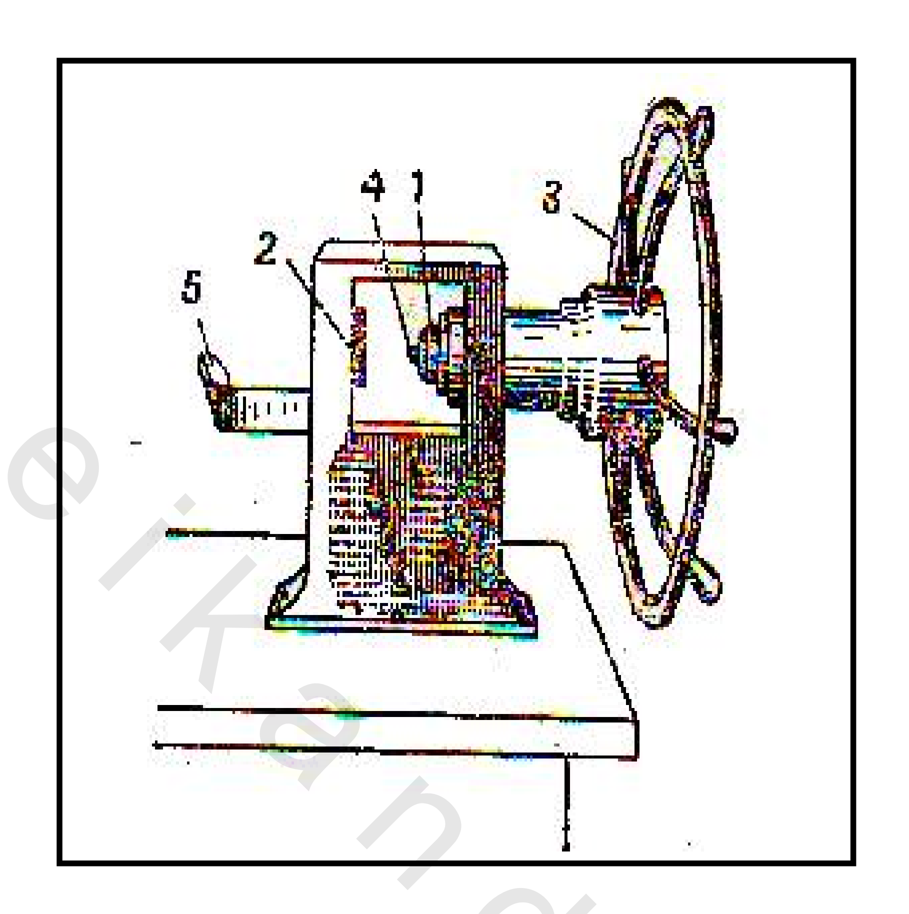
تحدد الخواص التكنولوجية لقدر المادة علي تحمل التغير في شكلعا أثناء عملية تشغيلها أو عند عملها، ةهذه الخواص تحدد بواسطة الإختبارات التكنولوجية، وفيها لا تقاس الإجهادات الناشئة في المادة عند إختبارها .

إختبـار التطبيـق : ويمـكـن إجـراء علي البـارد أوعـلي السـاخن للألواح+ ذات السمك حتي 30مم لتعين قدرة المعدن علي الإنثناء بزاوية معينـة حتي تتـوازي جوانبـة أو تنطبـق، ويجـب ألا تكـون بالعينـة بعـد الإختبار شـروخ أو كسـور أو تمـزقات.



(شكل 36) الإختبار بالثني

1- العينة ، 2- ماسك ، 3- فكي المنجلة



(شكل 37) تـركيبــة للإخـتبـار بالسـحـب

إختبـار الثـني : (شـكـل 36)، ويجـري للألـواح والأسـياخ الرقيقـة المشـغلـة علي البـارد ، وتمسـك العينـة المختبـرة في منجـلة ثـم تثني إلي اليمين وإلي اليسار عدة مرات حتي تتكسر و ويحدد عدد المرات إنثناء العينة صلاحية المادة للأعمال المختلفة .

إختبـار السحب : ويجري لتحديد قدرة الألواح علي تحمل التشـكيل بـالكبس والسحب علي البـارد ، ويجـري الإختبـار علي الجهاز المبين بشكل 37 ويتلخص فيما يلي : تضغط عينة من المادة المختبـرة مجتهـزة علي شكل قرص أو مربع بين طرفي العمود "1" الإسطمبة "2" وعند إدارة العجلة "3" تدريجيا وببطء يضغط المعدن المختبر بواسطة الطرف الكروي للضاغط "4" ويستمر الإنضغاط حتي اللحظة التي يظهر فيها أول شرخ علي السطح، ويلاحظ ظهور الشـرخ بالنظر في المـرآة "5" ويحدد عمق الفجوة المتكونة حتي لحظة ظهور الشرخ قدرة المعدن علي تحمل التشكيل بالسحب .





الباب السابع
أسس نظرية السبائك



1- الخواص العامة للسبائك المعدنية :

تستعمل سبائك المعادن المختلفة علي نطاق واسع في التكنيك وذلك لأن خواصها الميكانيكية والتكنولوجية أجود من خواص المعادن النقية كما يمكن ض،بط خواص الكثير من السبائك بتغييرالتركيب الكيميائي والبنيان الداخلي لها .

وقد قدم مؤسس التحليل الطبيعي الكيميائى ن، س كورناكوف الكثير لعلم السبائك، إذا أثبت لأول مرة العلاقة بين الصفات الطبيعية للسبلئك وبنيانها ، كما أنشأ عددا من الرسوم البيانية للوازن الحراري للسبائك المختلفة .

والسبيكة عبارة عتن جسم مركب يحصل علية من الأجتسام البسيطة بإنتشار العناصر بعضها في الآخر ويحصل علي السبائك أحيانا بخلط العناصر بعضها في الحالة السائلة . ولكن بعض السبائك يحصل عليها بتسوية العناصر وإنتشار بعضها في الأخري في الحالة الصلبة .

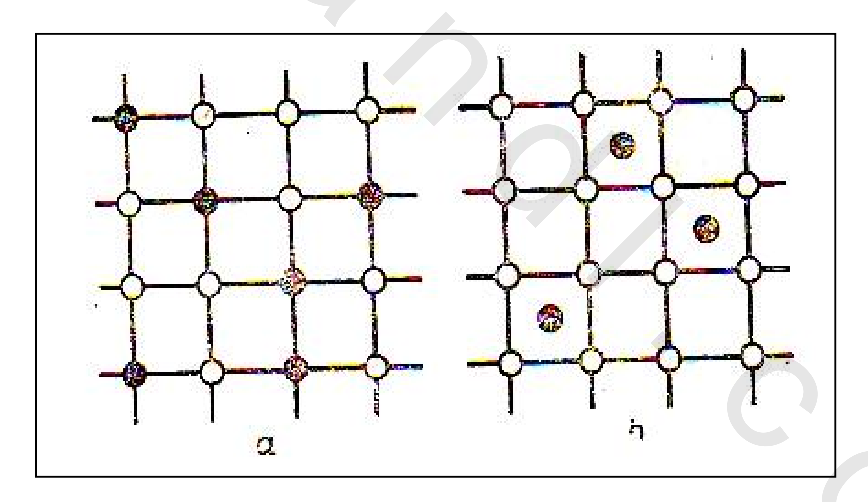
وتسمي العناصر الازمة لتكوين السبيكة بمكونات السبيكة، وتنقسم السبائك حسب عدد مكوناتها إلي ثنائية وثلاثية وهكذا.

وأغالب مكونات السبائك تتزاوب بعضها في البعض في الحالة السائلة، ولكن بعض أزواج المعادن كالنحاس والرصاص، والحديد والرصاص لا تتذاب عمليا حتي في الحالة السائلة، ويفسر هذا بالفرق الكبير بين أحجام ذراتها ودرجة إنصهارها .

ويمكن أن تكون مكونات السبائك عند التجمد إما : 1) خليطا ميكانيكيا أو 2) محلولا صلبا أو 3) مركب كيميائيا ، وتبعا لذلك فإن إختلاف بنيان السبائك المختلفة في الحالة الصلبة .

1- أن البنيان عبارة عتن خليط من البلورات أطوار منفصلة للعناصر المكونة لا تتذاوب في الحالة الصلبة ، وسسمي هذا البنيان عادة بالخليط الميكانيكي، ومن أمثلة هذة السبائك سبائك الرصاص + القصدير + الزنك واللومينيوم + السليكون وغيرها .

2- المحلول الصلب : ويتميز عن الخليط الميكانيكي بكونة وحيد الطور وبأن لة شبكة بلورية واحدة بها ذرات جميع مكونات السبيكة، ويمكن أن



ذرة العنصر المذيب ○رة العنصر الذائب ●

(شكل 38) وضع الذرات (الأيونات) في المحاليل الصلبة

a :محلول صلب بالإحلال ، b : محلول صلب بالتغلغل 0

يكون وضع الذرات في الشبكة البلورية للمحلول الصلب من نوعين – بالإحلال أو بالتغلغل، وفي الحالة الأولي تحل ذرات العنصر المذاب محتل ذرات العنصر المذيب كما في حالة المحلول الصلب للنحاس في النيكل (شكل 38 a) أما في الحالة الثانية فإن ذرات العنصر المذاب تتخذ أماكنها بين ذرات العنصر المذيب التي تستقر في أركان الشبكة الذرية كما هو الحال مع المحلول الصلب للكربون في الحديد (شكل 38 b).

3- تكون بعض العناصر التى توجد عادة فى أماكن متباعدة من جدول منديليف الدورى، مركبات كيميائية تختلف فى خزاصها عن العناصر المكونة .فالمركبات الكيميائية المكونة يمكن ان تكون اما ذات تكافؤ معتاد، مثل : Mg_2Si ،Mg_3Bi_2 ، Mg_2Sn

أى ذات تركيب محدد ثابت، او تكون من النوع الالكترونى الذى يتميز بالنسبة الثابتة بين عدد الكترونات التكافؤ و عدد الذرات فى المركب مثل $CuZn$ وبه تكون هذه النسبة كنسبة 2:3 او مثل Cu_5Zn_8 و النسبة به كنسبة 13 :21 او $CuZn_3$ حيث تساوى هذه النسبة 4 : 7 .

منحنى التسابك وطريقة انشائه:

بينا فيما سبق استعمال منحنيات التبريد لوصف اطوار المعادن النقية و التغيرات الحادثة عند تبريدها و تسخينها . و لوصف أطوار السبائك تنشأو تستعمل منحنيات التسابك و تبين هذه المنحنيات درجات الانصهار و التجمد و التحولات الطورية **و البوليمورفية (الالوتروبية)** للسبائك . و بمعونة منحنى التسابك (منحنى التوازن الحرارى) يمكن

تحديد شروط تكون بنيات السبيكة التى تدرس تحت الميكروسكوب وكـذلك يمكـن تعـيين العلاقـة بـين بنيـة السـبيكة و خواصـها الميكانيكيـة والتكنولوجيـة . و يمكـن اسـتعمال منحنـى التسـابك للسبائك المختلفة اختيار احسن تركيب للسبيكة للانتاج .

و لانشـاء منحنيـات التسـابك تسـتعمل الطريقـة الحراريـة التـى تتلخص فـى تعيين درجـات حـرارة التحـولات مـن الانحنـاءات و التوقفـات الناشئة عن الاثر الحرارى للتحول على منحنى التبريد .

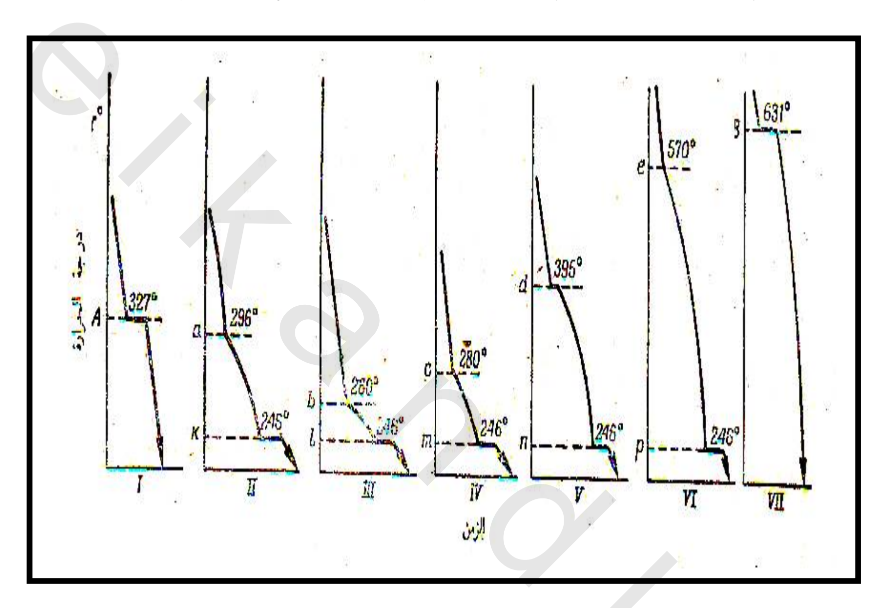
مثال لانشاء منحنى التسابك لسبيكة ثنائية :

سـنبحث علـى سـبيل المثـال انشـاء منحنـى التسـابك لسـبائك الرصاص و الانتيمون (b – Sb)، و تسمى السبائك المختلفة التركيب من نفس المكونات بـ"مجموعة" سبائك هذه المكونات . و تختلف سبائك مثـل هـذه المجموعـة بعضـها عـن البعض بتركيبهـا فقـط، اى بالنسـبة الكميـة للمكونـات (او تركيزهـذه المكونـات) . و يعبر عـن تركيـب السبيكة عاد بالنسبة المئوية للمكونات بالوزن . و هكـذا فـاذا كـانت تسبة الانتيمون فى سبيكة (Pb – Sb) 15 ٪ فـان نسبة الرصاص تكون هى 85 ٪ الباقية .

درجة انصـهار الرصـاص النقـى 327 °، والانتيمـون النقـى 631 °، نفـرض ان لـدينا 5 سـبائك ذات وزن واحـد و تركيبهـا كـالاتى : 5 ٪ Sb – 95 ٪ Pb، 40 ٪ Sb– 60 ٪ Pb، 10 ٪ Sb– 90 ٪ Pb، 80 ٪ Sb - 20 ٪ Pb، 20 ٪ Sb– 80 ٪ Pb، توضـع كـل سـبيكة فـى البودقـة و تسـخن الى درجـة حـرارة اعلـى بـ 25 - 30 ° مـن درجة انصهارها . ثم يغمر فى السبيكة المنصهرة ازدواج حرارى و تسجل قراءات البيرومتر فى فترات متساوية من الزمن (كل 30 ثانية مثلا) مع

تبريد السبيكة تدريجيا حتى نهاية التبلور . و من هذه المعلومات نرسم بيم احداثيى درجة الحرارة و الزمن منحنيات تبريد السبائك، و منها تحدد درجات حرارة التحولات او النقط الحرجة

و فى الشكل الاتى رقم (39) اوردنا منحنيات تبريد السبائك المبينة اعلاه . وتبين هذه المنحنيات ان للسبائك بعكس المعادن النقية نقطتان حرجتان : درجة حرارة ابتداء و انتهاء التبلور (جدول 3)



شكل (39) منحنيات تبريد الرصاص و الانتيمون النقيين و سبائك لهما معا لبناء الرسم البيانى للحالة :

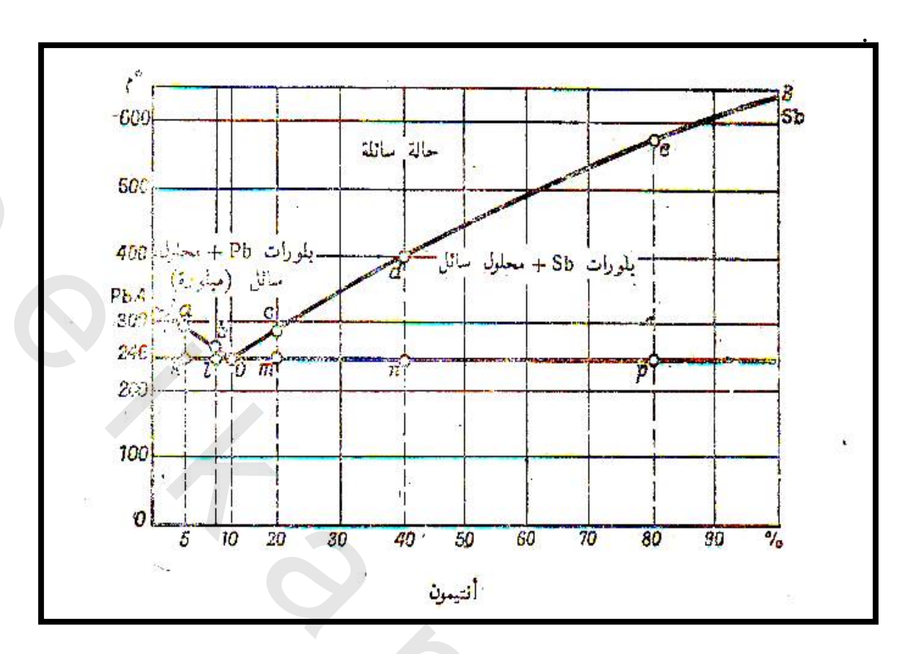
1- المكون النقى   Sb ٪0 ، Pb ٪ 100
2- السبيكةالمحتوية على   Sb ٪5 ، Pb٪95
3- السبيكة المحتوية على   Sb ٪10 ، Pb٪90
4- السبيكة المحتوية على   Sb \ ٪20 ، Pb ٪80
5- السبيكة المحتوية على   Sb ٪40 ، Pb ٪60
6- السبيكة المحتوية على   Sb ٪80 ، Pb ٪20
7- المركب النقى   Sb ٪100 ، Pb ٪0

جدول رقم 3

تركيب السبيكة ٪		درجة حرارة التبلور ^{o} م	
Pb	Sb	البداية	النهاية
100	0	327	327
95	5	296	246
90	10	260	246
80	20	280	246
60	40	395	246
20	80	570	246
0	100	631	631

و لانشاء الرسم البيانى لحالة سبائك هذه المجموعة فان هذه النقط الحرجة تءخذ على محورى احداثيات : يمثل المحور الافقى تركيب (تركيز) السبائك – 5 ،10 ، 20، 40، 80 ٪ انتيمون و تؤخذ على المحور الرأسى درجات الحرارة، فتقام على النقط المأخوذة على المحور الافقى اعمدة (الخطوط المنقطة) و تؤخذ عليها النقط الحرجة المحددة قبل ذلك، و قد أشرنا عليها فى شكل (39) بدوائر صغيرة و حروف، و قد رمزنا للنقط الحرجة العليا بالحروف a ، b ، c, d ، e والسفلى بالحروف k ، l ، m ، n ، p. وقد اخذت على الاحداثيين الرأسيين الحرفيينِدرجات حرارة انصهار الرصاص – النقطة A (327^{o}) و على اليمين درجة انصهار الانتيمون – النقطة B (631 ^{o}) .والنقط الحرجة السفلى للسبائك k ، l ، m ، n ، p تقابل درجة حرارة واحدة و هى 246 ^{o} م، و لهذا توصل هذه النقط بمستقيم يمد حتى يقابل الاحداثيين الرأسيين للمكونات النقيين (باعتبار ان العنصرين Pb ، Sb لا يذوب احدهما فى الاخر فى الحالة الصلبة) . وبتوصيل النقط الحرجة العلوية التى تدل على بدء تجمد السبائك بمنحنيين سلسين

Bedc ، Aab يتقاطعان فى النقطة . الواقعة على الخط الافقى klmnp نحصل على منحنى تسابك المجموعة Pb – Sb (شكل 40) .



شكل رقم (40) رسم بيانى لحالة النظام بواسطة النقط الحرجة المحددة من منحنيات تبريد السبائك

من الرسم البيانى نرى ان التبلور يبدأ فى جميع السبائك عند درجة حرارة تقع على الخط AabOcdeB، المسمى بخط السيولة و ان درجة حرارة بدء التبلور للسبيكة تنخفض بزيادة نسبة الانتيمون بها حتى التركيب المناظر للنقطة O (246^{o}) ثم تبدأ بعد ذلك فى الارتفاع اى ان لكل سبيكة درجة حرارة خاصة لبدء التبلور تتوقف على تركيب السبيكة (عند التسخين يدل خط السيولة على درجة حرارة نهاية انصهار السبيكة)، اما انتهاء التجمد لجميع سبائك هذه المجموعة فيحدث عند درجة حرارة واحدة تقع على المستقيم klmnp اذى يسمى

بخط الجمود (و يبين هذا الخط درجة حرارة بدء انصهار السبائك عند التسخين) .

و تكون السبائك فوق خط السيولة فى الحالة السائلة كلية ، اما تحت خط الجمود فتكون فى الحالة الصلبة ، وفيما بين الخطين تكون السبائك مزدوجة الحالة متبلورة و سائلة .

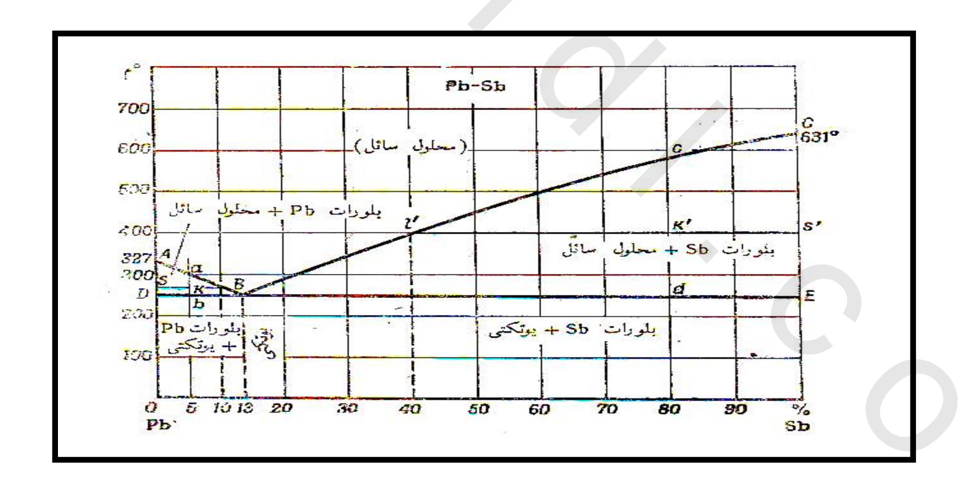
و تنشأ منحنيات التسابك لاى مجموعة ثنائية المكونات بالطريقة المبينة مسبقا ، و يختلف شكل هذه المنحنيات حسب نوع السبائك الناتجة – ان كانت خليطا ميكانيكيا او محلولا صلبا او مركبا كيميائيا .

و يبين منحنى التسابك نوع البنيان الميكروسكوبى الذى يتكون فى السبائك عند تجمدها تحت خط الجمود ، و لما كان البنيان الميكروسكوبى يتصل اتصالا وثيقا بالخواص التكنولوجية للسبائك و كذلك الخواص التشغيلية فمعرفة منحنيات التسابك و القدرة اسرارها ذات اهمية عملية كبرى .

2- السبائك ذات المكونين القابلين للذوبان تمام فى الحالة السائلة و غير القابلين للذوبان فى الحالة الصلبة ، اى يكونان خليطا ميكانيكيا من المكونات (سبائك النوع الاول) :

يمكن ان تعتبر سبائك مجموعة الرصاص و الانتيمون مثالا عمليا لسبائك هذا النوع، لان مكونى هذه المجموعة يذوبان تمام فى الحالة السائلة و يمكن اعتبارهما غير قابلين للذوبان عمليا فى الحالة الصلبة . و قد بينا فيما سبق كيفية انشاء منحنى تسابك هذه المجموعة .

من الرسم البيانى (شكل 41) نرى ان المكونين النقيين لمجموعة الرصاص و الانتيمون و سبائك هذه المجموعة تكون فوق خط السيولة ABC فى الحالة السائلة، اى انها ذات طور واحد . و عند التبريد يتجمد لامكونان النقيان عند درجتى حرارة معينتين : Pb عند 327 ° و Sb 631 ° مكونين بنيانا يرى تحت الميكروسكوب على شكل حبيبات متماثلة . و فى النقطة B التى تقابل تركيبا قدره 13 ٪ Sb، 87 ٪ Pb و درجة حرارة خط الجمود (246 °) يتبلور المكونان فى وقت واحد مكونين خليطا ميكانيكيا دقيقا من بلورات الرصاص و الانتيمون يسمى " باليوتكتى " . و تسمى السبيكة ذات التركيب 13 ٪ Sb، 87 ٪ Pb بسبيكة " يوتكتية " اما السبائك ذات التركيب الواقع على يسارالنقطة B فتسمى سبائك " قبل اليوتيكية" و تسمى السبائك التى يقع تركيبها على يمين النقطة B بالسبائك " بعد اليوتيكية " .



شكل (41) رسم بيانى لحالة سبائك النظام Pb – Sb و البنيات المتكونة

فلنبحث عملية تبلور السبيكة قبل اليوتيكية المحتوية على 5 ٪ Sb و السبيكة بعد اليوتيكية المحتية على 80٪ Sb .

تكون السيبكة قبل اليوتيكية المحتوية على 5 ٪ انتيمون فيما فوق خط السيولة AB فى الحالة السائلة . و عندما تصل السبيكة أثناء تبريدها الى الخط AB [نقطة a (296 º) بالبيانى] ،تبدأ فى التكون بلورات من الرصاص النقى و تستمر هذ العملية حتى درجة 246º. وفيما بين درجتى 296، 246 º م تتزايد كمية بلورات الرصاص باستمرار فى حين ان الجزء السائل من السبيكة يغير تركيبه حسب نقط خط السيولة AB و يمكن تحديد تركيب الجزء السائل من السبيكةعند اى درجة حرارة بين خطى السيولة و الجمود و النقل عند درجة 260º مثلا، بمد خط مواز لمحور التركيز يقطع خط السيولة فى نقطة 1 و يعطى اسقاطها على محور التركيز تركيب الطور السائل بالسبيكة (10 ٪ Sb) عند درجة الحرارة المعطاة (260 º). و عند وصول درجة الحرارة الى الدرجة اليوتيكية (246º) يتجمد الطور السائل من السبيكة – و يتكون تركيبه عندئذ موافقا للنقطة B، أى مساويا لتركيب اليوتكتى (13٪ Sb، 87 ٪ Pb)، مكونا ليوتكتى من بلورات الرصاص و الانتيمون . بالمثل تجرى عملية تجمد جميع السبائك قبل اليوتكتية : ففى درجات الحرارة بين خط السيولة و خط الجمود تتكون فى السبيكة بلورات من الرصاص، و تتجمد السبائك نهائيا على خط الجمود DB مكونة يوتكتى . و تحت خط الجمود (246 º) يتكون بنيان السبائك من أجزاء من الرصاص النقى المفرزة فى درجات الحرارة بين خطى السيولة و الجمود ومن اليوتكتى الذى تكون عند التجمد النهائى للسبائك على خط الجمود (246 º).

اما السبائك بعد اليوتكتية، المحتوية مثلا على 80٪ Sb فانها تكون فوق خط السيولة BC فى الطور السائل و عندما تصل عند تبريدها الى الخط BC [نقطة c (570°) على البيانى] تتكون بها بلورات من الانتيمون النقى، و تستمر هذه العملية حتى درجة 246 °، و تتزايد كمية بلورات الانتيمون فيما بين نقطة c (570°) و النقطة d(246 °) باستمرار فى حين ان الطور السائل من السبيكة يغير تركيبه حسب نقط خط السيولة BC . ولتعيين تركيب الطور السائل بالسبيكة عند اى درجة للحرارة بين خطى السيولة و الجمود و لتكن k1(395°) يمد خط مواز لمحور التركيز يقطع خط السيولة فى نقطة 11 التى تعطى اسقاطها على محور التركيز تركيب الحالة السائلة (40٪ Sb +60٪ Pb) عند درجة الحرارة المعطاة (395 °).

و عند الوصول الى درجة الحرارة اليوتكتية (246 °) يكون تركيب الطور السائل للسبيكة موافقا لنقطة B (13 ٪ Sb، 87 ٪ Pb) فيتبلور مكونا يوتكتى . و بنفس الطريقة تتجمد كل السبائك بعد اليوتكتية . و بهذه المجموعة سبيكة واحدة – وهى السبيكة ذات التركيز اليوتكتى (13٪ Sb + 87 ٪ Pb) تتجمد عند درجة حرارة واحدة (246 °) مكونة بنيانا يتركب من اليوتكتى فقط، دون بلورات ائدة من العنصريين النقيين .

قاعدة الاجزاء المقطوعة :

و تسمح بتحديد كمية الاطوار الموجودة بالسبيكة و مكوناتها بنيانها . و لهذا الغرض يمد خط عند درجة الحرارة المطلوبة (و لتكن 395 °، مثلا اى النقطة K1) (شكل 41) مواز لمحور التركيز حتى يقطع خط لسيولة BC .

و يعطى استقامة نقطة التقاطع l1 على محور التركيز (نقطة d) تركيب الطور السائل (40 ٪ Sb)، اما الطور الصلب فهو انتيمون نقى . و تساوى النسبة بين كميات الطور الصلب Qs، و الطور السائل Ql :

$$\frac{Qs}{Ql} = \frac{l1\ k1}{s1\ k1}$$

أى أن كميات الاطوار تتناسب عكسيا مع الاجزاء المقطوعة من الخط بين النقطة المعطاة و النقط التى تحدد تركيب الاطوار l1، s1 .

و على سبيل المثال فالسبيكة 80 ٪ Sb عند درجة 395 º تكون

$$\frac{Qs}{Ql} = \frac{40}{20} = 2$$

أى أن الطور الصلب بهذه السبيكة ضعف الطور السائل . و لتحديد نسبة كميات الطور المطلوب Ql، Qs بالنسة لكميات السبيكة كلها Qك يستعمل القانون التالى:

$$\frac{Qs}{Qك} = \frac{l1\ k1}{l1\ s1}$$

، فاذا كانت Qك = 1 فان القانون يصبح : $Qs = \frac{k1\ l1}{S1\ l1}$

حيث s1 l1 - الجزء المقطوع من خط السيولة حتى احداثى الانتيمون النقى.

3- **قاعدة الاطوار** :

تسمح قاعدة الاطوار، التى تعطى العلاقة بين عدد الاطار و المكونات و العوامل الخارجية للمجموعة الموجودة فى حالة توازن – تسمح بالتحقق من صحة انشاء منحنيات و بيانات الحالة . يجب ان نحدد بدقة بعض المصطلحات المستعملة كثيرا فى نظرية السبائك .

النظام :هو مجموعة مكونات الاطوار بحثها و الموجود فى حالة توازن .

و يمكن ان يكون النظام بسيطا (رصاص نقى أو انتيمون نقى وحده) أو مركبا (سبيكة Pb + Sb)، متجانسة (سبيكة Pb Sb – فى الحالة السائلة) او غير متجانسة (سبيكة Pb – Sb فى الحالة الصلبة) .

المكون : هو كل جزء مستقل مكون للمجموعة على شكل عنصر او مركب كيميائى مستقل فمكونات النظام Sb – Pb هى الرصاص و الانتيمون، و فى النظام Fe3 C – Fe هى الحديد و كربيد الحديد و يرمز الى عدد المكونات بالحرف k .

الطور : هو كل جزء متماثل من النظام، يفصله عن الاجزاء الاخرى (فى الانظمة المركبة) سطح انفصال . و الاطوار يمكن ان تكون صلبة، سائلة او غازية والاطوار فى السبائك هى المكونات النقية و المحاليل الصلبة و السائلة و المركبات الكيميائية . و يرمز لعدد الاطوار بالحرف P .

عدد درجات الانطلاق (التغير) : هو عدد عوامل الاتـزان التـى يمكن تغييرها فـى حدود معينـة دون أ يتغير عـدد الاطـوار . و مـن عوامـل الاتـزان : تركيـز المكونـات فـى الاطـوار (عوامـل داخليـة)، و درجـة الحرارة و الضغط (عوامل خارجية)، و بالنسة لسبائك المعادن لا ندخل الضغط فى الاعتبـار عـادة، و بهذا يتبقـى عامل خـارجى واحد هـو درجة الحـرارة . و يرمـز لعـدد درجات الانطـلاق عـادة بـالرمز C . و يعبر عـن قاعدة الاطوار فى الحالة العامة بالشكل التالى : $C = K + 1 - p$

و لما كـان التغير لا يمكـن أن يكـون كميـة سـالبة فـان عـدد الاطـوار يجـب الا يزيـد عـن عـدد المكونـات K بـأكثر مـن 1 لتـوازن السبائك المعدنية، أة أن أقصى عدد للأطوار تحدده من العلاقة $P = K + 1$ و هذا يعنى ان عدد الاطوار فى نظام ثنائى المكونات لا يمكـن أن يزيد عن 3 .

أمثلة لتطبيق قاعدة الاطوار : تشير القاعدة الافقية على منحنى تبريد سبائك المجموعة $Pb - Sb$ عنـد تجميـد اليوتكتى الى وجود 3 أطوار : الطـور السـائل و بلـورات الرصـاص و بلـورات الانتيمـون . امـا عـدد درجات الانطلاق فهو صفر (توازن غير قابل للتغيير) $C = 2+1- 3 =$ صفر أى أن الاتـزان ذى الـثلاث أطوار يجـرى عنـد درجـة حـرارة محـددة (على خط أفقى) .

و فى سبائك النظـام $Pb - Sb$ فـى درجـات الحـرارة بـين خـط السـيولة و خـط الجمـود تـوازن ثنـائى الطـور و لـذلك فهنـاك درجـة واحـدة للانطلاق

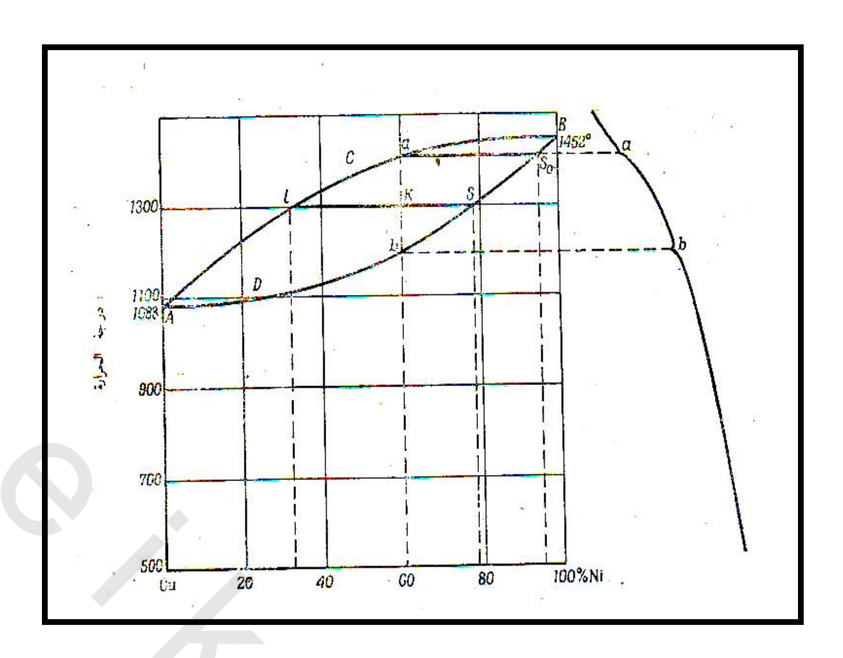
$C = 2 + 1 - 2 = 1$ (توازن وحيد التغير) .

و تكون سبائك هذه المجموعة فى درجات الحرارة الاعلى من خط السيولة وحيدة الطور (الطور السائل)، اى ان هناك توازن ثنائى التغير C = 2 + 1 – 1 = 2، اى انه يمكن تغيير درجة الحرارة (فوق خط السيولة حتى درجة الغليان) و التركيب مع الاحتفاظ بوحدة الطور .

4 – سبائك من مكونين قابلين للذوبان تمام فى الحالة السائلة و الصلبة (سبائك النوع الثانى) :

تكون الازواج التالية للمعادن محاليل صلبة غير محدودة النسبة : النحاس و النيكل ، الذهب و الفضة، الذهب و الرصاص، الحديد و النيكل، الحديد و الكوبلت، الحديد و الفاناديوم و بعض المعادن الاخرى .

و لدراسة هذا النوع من السبائك سنبحث سبائك المجموعة Ni – Cu (البرونز النيكلى) . و ينشأ الرسم البيانى لحالة سبائك هذه المجموعة (شكل 42) مثلما أنشأ الرسم البيانى للمجموعة Pb – Sb مسبقا، باستعمال الطريقة الحرارية . و للمكونات النقية لهذه السبائك درجة واحدة للتوقف و هى النحاس 1083^{o} (نقطة A) و للنيكل 1452^{o} (نقطة B) . اما سبائك هذين المكونين فتتجمد فى مدى معين لدرجة الحرارة و لها نقطتان حرجتان على منحنى التبريد – و هما نقطتا الانحناء (على المنحنى المبين بيمين الشكل 42) . و لا توجد على منحنى تبريد سبائك هذا النوع هضبة . و ينشأ بيانى الاطوار على اساس النقط الحرجة المحددة للتحول .



شكل رقم 42 ، رسم بيانى لحالة سبائك النظام Cu – Ni

و الخط العلوى ACB يمثل نقط بدء التبلور للسبائك – خط السيولة، اما الخط السفلى ADB (الجمود) يبين درجة حرارة بدء الانصهار اما الخط ACB (السيولة فيبين انتهاء انصهار السبائك .

و تكون سبائك المجموعة Cu – Ni فوق خط السيولة ACB عبارة عن محلول سائل – أى طور واحد ، عدد درجات الانطلاق : C = 2 + 1–1 =2 و يعنى هذا انه من الممكن فوق الخط ACB تغيير درجة الحرارة و تركيز السبيكة مع الاحتفاظ بتوازن النظام فى الطور الواحد ، اما فى مدى درجات الحرارة فما بين خط السيولة ACB و خط الجمود ADB فان النظام مزدوج الطور – هناك بلورات المحلول الصلب بالاضافة الى المحلول السائل، و هو لذلك وحيد التغير C = 2 + 1 – 2 = 1 ، و هذا يعنى انه يمكن تغيير درجة الحرارة فقط اما تركيب السبيكة فهو متغير غير مستقل . و السبائك تحت خط الجمود

ADB وحيدة الطور تتكون من المحلول الصلب وحده و لها درجتان من درجات الانطلاق C = 2 + 1 – 1 = 2 .

لنبحث على سبيل المثال عملية تبلور سبيكة معينة ، و لتكن تلك التى تركيبها 60٪ Ni، 40 ٪ Cu (شكل 42) و احداثها هو 60 ٪ Ni . فعند وصولها الى درجة حرارة خط السيولة (النقطة a ~ 1410 ^{o} م) تتكون اول بلورات من المحلول الصلب للنحاس فى النيكل (Cu) Ni * و يتحدد تركيب البلورات المتكونة عند درجة حرارة النقطة a 1410 ^{o} بمسقط النقطة S0 الموجودة على خط الجمود على محور التركيب (95Ni ٪) .

و عند درجة الحرارة المقابلة للنقطة K تتكون السبيكة م محلولين : بلورات المحلول الصلب و السائل (الجزء السائل من السبيكة) . و لتحديد تركيب كل من هذين الطورين نمد خطا يمر بنقطة K موازيا لمحور التركيب فيقع خط السيولة فى 1 و خط الجمود فى s . فيكون مسقط النقطة s متناساب مع الطور الصلب Qs و يحتوى على 77 ٪ Ni ، 23 ٪ Cu (تسقط النقطة S0 على محور التركيز) اما نقطة 1 فتبين تركيب الطور السائل Ql و يحتوى على 32 ٪ Ni ، 68 ٪ Cu (مسقط النقطة 1 على محور التركيز) . و تحدد كمية الطور الصلب Qs و الطور السائل Ql بالسبيكة بقاعدة الاجزاء المقطوعة :

$$Qs = \frac{kl}{sl} = \frac{28}{45} \quad ، \quad Q = \frac{sk}{ls} = \frac{17}{45} Q \text{ مج } = 1$$

و عند تبريد السبيكة حتى درجة النقطة b (على خط الجمود) تتجمد السبيكة تماما و فيما تحت هذه النقطة تكون السبيكة وحيدة الطور عبارة عن محلول صلب (Cu) Ni .

و يتغير تركيب المحلول الصلب فى عملية التبلور تابعا فى ذلك خط الجمود ، اما تركيب المحلول فيتبع فى تغيره خط السيولة . فتكون البلورات المتكونة فى بداية التبلور (شكل رقم 42) غنية بالنيكل صعب الانصهار، و باستمرار التبريد ينتشر النحاس من السبيكة المنصهرة الى هذه البلورات، كما ان البلورات الجديدة التى تتكون تكون اكثر احتواءا على النحاس واقل احتواءا على النيكل . و نتيجة لذلك ففى حالة الظروف الاتزانية تكون جميع البلورات فى نهاية التبلور ذات تركيب واحد نظرا للانتشار، و يقابل هذا التركيب التركيب الاول للسبيكة، اى انه فى كل بلورة حجم السبيكة كله يجب ان يكون التركيب فى الحالة التى نبحثها 60 ٪ Ni ، 40 ٪ Cu .

اما فى الظروف العملية، اذا كان التبريد سريعا نوعا، فان تركيب البلورات لا يجد الفرصة للتعادل فيكون تركيب الاماكن المختلفة فى البلورة الواحدة مختلفا و يسمى عدم التماثل الكيميائى هذا بالانعزال الدندريتى او الانعزال داخل البلورات . و يسمح شكل الرسم البيانى لاطوار السبائك و المحاليل الصلبة بتحديد ميل اى سبيكة معينة الى تكوين الانعزال الدندريتى . و من الثابت انه كلما كان المدى بين خطى السيولة و الجمود اكبر كلما زاد احتمال حدوث الانعزال فى السبيكة . و يمكن ازالة الانعزال الدندريتى باستعمال التلدين الانتشارى على نطاق واسع و ابقائها فى هذه الدرجات .

5 – سبائك من مكونين ذوى قابلية غير محدودة للذوبان فى الحالة السائلة و قابلية محدودة للذوبان فى الحالة الصلبة (سبائك النوع الثالث) :

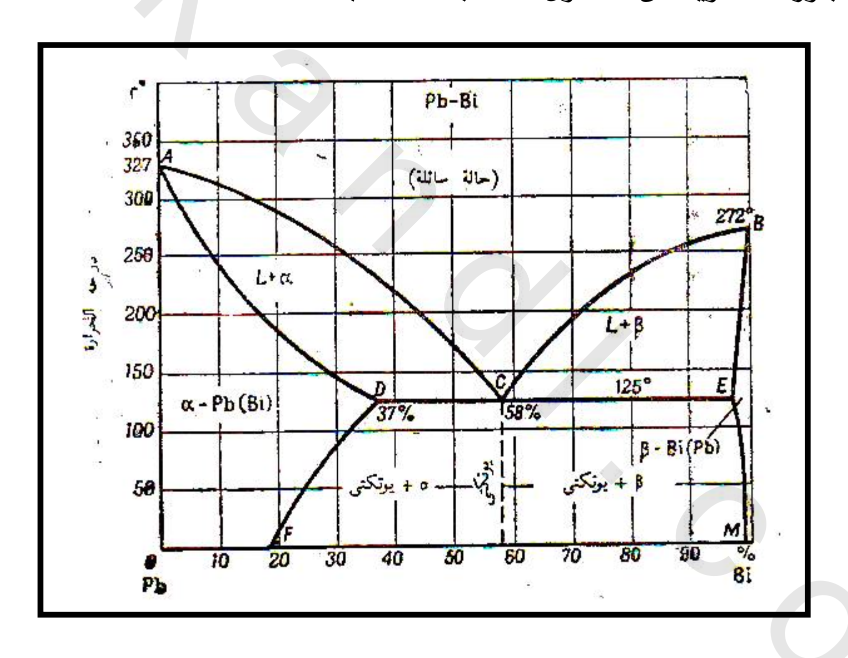
فى النوعين المبحوثين فيما سبق من السبائك اوردنا الحالات القصوى، و هى ان تكون المكونات فى الحالة الصلبة اما قابلة للذوبان تماما (Cu – Ni) او لا تقبل الذوبان اطلاقا (Pb – Sb) بعضها فى بعض .

اما عمليا فاننا نجد ان مكونات اكثر السبائك ذات قابلية محدودة للذوبان فى الحالة الصلبة . ومن هذه السبائك السبائك الاتية :

Fe – C ،Al – Cu ،Al – Si ،Pb – Bi ،Cu – Ag

و فى سبائك هذا النوع نجد مكونين A، B و يمكن وجود ثلاث اطوار معا : الطور السائل L ، و المحلول الصلب α - A (B)، و المحلول الصلب β – B (A)، و لما كان الاتزان فى هذه الانظمة عديم التغير لاتزان ثلاثة اطوار عند درجة حرارة ثابتة هى α، β، L فانه يمكن ان يكون هناك نوعان من سبائك هذه المجموعة حسب التفاعل الذى يجرى عند هذه الدرجة الثابتة سبائك ذات يوتكتى و سبائك ذات بيريتكتى . و لفهم هذه العمليات التى تحدث عند تبلور السبائك محدودة الذوبان و المكونة ليوتكتى سنبحث الرسم البيانى لحالة سبائك المجموعة Pb – Bi (شكل 43) و لا تتكون عند تبلور سبائك هذه المجموعة اطوار تمثل اى من المتكونين النقيين، فمن السائل يمكن ان يفرز فقط المحلولان الصلبان α او β .

فوق خط السيولة ACB تقع منطقة المحلول السائل المتماثل L . و عند خط الجمود ADCEB يحدث التجمد التام للسبائك . و على يسار النقطة D و يمين النقطة E يجرى تجمد و تبريد السبائك حسب الرسم البيانى للذوبان المتبادل الغير محدود (شكل 42) اما فى المناطق الواقعة بأسفل الخط AD و BE فيكون بناء السبائك عبارة عن المحلولات الصلبة α اى (Bi) Pb و β اى (Pb) Bi و فى سبائك هذا النوع تقل قابلية ذوبان المكونين فى بعضهما مع انخفاض درجة الحرارة، و نتيجة لذلك تفرز من بلورات α عند التبريد بلورات ثانوية من المحلول الصلب β حسب الخط DF و تفرز من بلورات β بلورات ثانوية من المحلول الصلب α حسب الخط EM .



* يرمز للمحلول الصلب

شكل رقم 43 ، رسم بيانى لحالة سبائك النظام PB – Bi

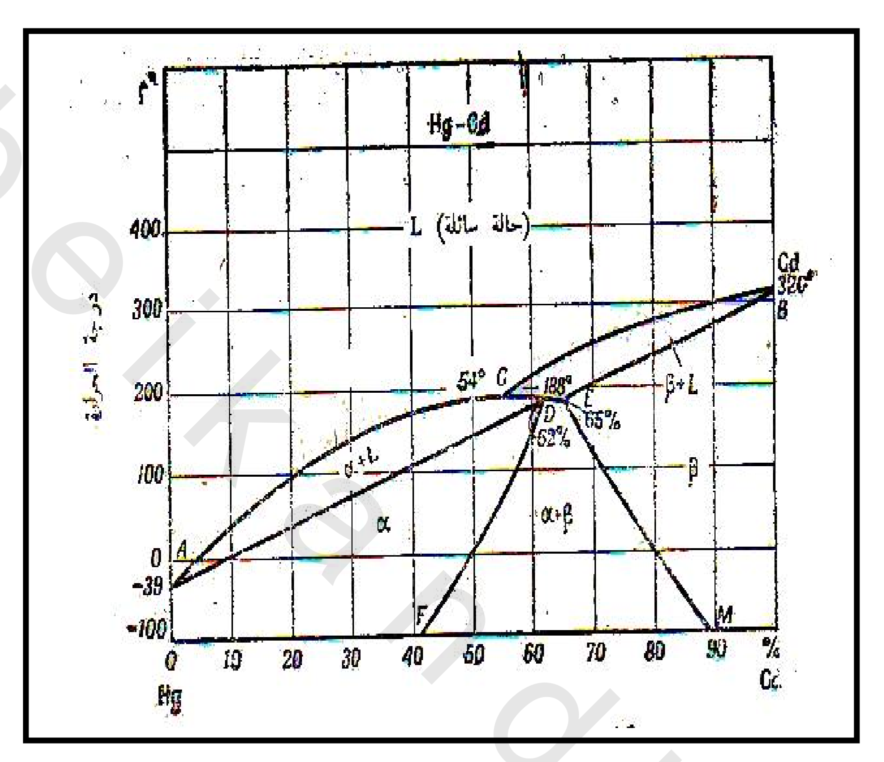
و تسمى هذه التحولات فى المحاليل الصلبة عادة بالتبلور الثانوى لتميزها عن التبلور الاول اذى يحدث من المحلول السائل .

و فى السبائك التى يقع تركيبها بين النقط E و D يجرى التجمد مع تكون يوتكتى من $\alpha D + \beta E$ (حدود التركيز ا α هو D ، و ا β هو E) .

و تحدث عملية التبريد تحت خط الجمود تغيرات مستمرة للاطوار الموجودة – فيتغير المحلول الصلب α حسب الخط DF ، والمحلول الصلب β حسب الخط EM ، و عند انتهاء التبريد يكون تركيب الطور α هو تركيب النقطة F (17 ٪ Bi) و تركيب الطور β هو تركيب النقطة M (100٪ Bi)، اى ان قابلية الرصاص للذوبان فى البزموت تنخفض الى الصفر و لهذا فان بنية سبائك المجموعة Pb – Bi عند انتهاء التبريد (عند درجة حرارة الغرفة) تكون كالآتى : فى المدى من صفر الى 17 ٪ Bi (نقطة F) بنية وحيدة الطور عبارة عن المحلول الصلب α، و فى المدة من 17 الى 58 ٪ Bi اجزاء من α الطليق + يوتكتى (α + Bi)، و عند التركيز 58 ٪ Bi– يوتكتى خالص (α + Bi) ، وفى المدى من 85 الى 100 ٪ Bi اجزاء من البزموت الطليق + يوتكتى (α + Bi) و تعيين النسبة بين كميات المكونات بتطبيق قاعدة الاجزتء المقطوعة .

و لنبحث الان الرسم البيانى لاطوار السبائك التى يحدث بها " تحول بيريتكتى " و من هذه السبائك المجموعة Hg – Cd (شكل 44) و تكون السبائك فوق خط السيولة ACB فى الحالة السائلة L) (، و تحت خط الجمود ADEB فى الحالة الصلبة، و بين هذين الخطين خليط من الطورين السائل و الصلب فتحت الخط AD -

المحلول الصلب α اى (Hg (Cd ، و الذى يتغير تركيبه مع تير درجة الحرارة حسب الخط DF، و تحت الخط BE - المحلول الصلب β اى (Cd (Hg، و يتغير تركيبه حسب الخط EM .



شكل رقم 44 ، رسم بيانى لحالة سبائك النظام Hg - Cd

وسنستعمل للاختصار الرموز الاتية : يدل الحرف المكتوب على يسار الطور من أسفل على تركيب هذا الطور، مثال (L0) تعنى السبيكة السائلة ذات التركيب المساوى لتركيب النقطة C ، (α D) تعنى المحلول الصلب α ذى التركيب المساوى لتركيب النقطة D . و يحدث على الخط الافقى CDEتحول بيرتكتى

فى السبائك تشترك فيه الاطوار الثلاثة التالية : المحلول السائل L0، و المحلول الصلب αD و المحلول الصلب βE فى اتزان عديم التغير

C = 2 + 1 – 3 = صفر، اى ان عملية التبلور تجرى عند درجة حرارة ثابتة (188 ^{o}م)، و تدل الاحرف E, C, D على تركيب الاطوار .

و فى الجزء CD يتفاعل الجزء السائل من السبيكة L (54 ٪ Cd) مع بلورات المحلول الصلب β (65 ٪ Cd) مكونا محلولا صلبا جديدا αD (62٪ Cd)، حسب التفاعل $LC + BE \longrightarrow \alpha D + LC$ (زائد)

و عند التبريد أسفل CD يتبلور من السبيكة السائلة المحلول α فقط و يكون تركيبه متغيرا .

اما فى الجزء DE فيتبقة نتيجة اتفاعل البيريتكتى :

$$LC + BE \longrightarrow \alpha D + BE$$

بلورات زائدة من المحلول الصلب βE، و بذلك فان بنية السبائك DEMF تتكون من خليط من المحلولين الصلبين α و β المتغيرى التركيب حسب الخطين DF و EM، و يحدد تركيب الاطوار و النسبة الكمية لها بتطبيق قاعدة الاجزاء المقطوعة .

6- سبائك من مكونين يكونان فى الحالة السائلة محاليل وعند التجمد مركبا كيميائيا ثابتا (سبائك النوع الرابع):

كثيرا ما نقابل فى الصناعة هذا النوع من السبائك . و لوصفها سنبحث مجموعة السبائك Mg – Sn (شكل 45) التى يكون مكوناها مركبا كيميائيا ثابتا Mg2Sn يحتوى على 71 ٪ Sn و 29 ٪ Mg . درجة انصهار Mg2Sn- 778 ^{o}م . من الرسم البيانى نرة ان لهذا المركب الكيميائى نفس سمات المكون المستقل، و تقسم هذه المجموعة الى مجموعتين : Mg – Mg2Sn (السبائك المحتوية على Sn

بنسبة حتى 71 ٪ و Mg2Sn – Sn (السبائك المحتوية على Sn بنسبة 71 – 100 ٪) و بالتالى فانه يحب دراسة الرسم البيانى (بشكل 45) كما لو كان رسمين بيانين، الايسر منهما يمثل المجموعة Mg -Mg2 Sn و هو عبارة عن الرسم البيانى لاطوار السبائك ذات الذوبان المحدود.

و الايمن Mg2Sn – Sn يمثل بيانى اطوار السبائك ذات المكونات غير القابلة للذوبان فى بعضها فى الحالة الصلبة .

تكون السبائك فوق خط السيولة ABCDE فى الحالة السائلة و تحت خط الجمود AFKOM فى الحالة الصلبة . و فى المنطقة ABF يكون هناك طوران : الكور السائل L و الطور الصلب α ‏(Mg2Sn) Mg المتغير التركيب و بالجزء BCK طوران : المحلول السائل L و بلورات Mg2Sn وبالجزء COD طوران : المحلول السائل L و بلورات Mg2Sn وبالجزء DEM طوران المحلول السائل L و بلورات القصدير .

و تحت الخط NF تفرز من المحلول α بلورات ثانوية، و عند انتهاء التبريد تنخفض قابلية Mg2Sn للذوبان فى Mg الى الصفر، و يتجمد اليوتكتىعلى الخط الافقى FBK ‏(561 ^{o}) و يتركب من المحلول الصلب α و التركيب الكيميائى Mg2Sn . و تحت درجة 561 ^{o} فى مدى التركيب من 14.8 – 26.4 ٪ Sn تتكون بنية السبائك من α + يوتكتى و السبيكة ذات التركيب 36.4 ٪ الى 71 ٪ فتتكون بنيتها من بلورات طليقة Sn من Mg2Sn مع اليوتكتى . اما السبيكة المحتوية على 71٪ Sn فلها بنية بلورية وحيدة الطور – وهى المركب الكيميائى Mg2Sn .

عند انتهاء التبريد تكون للسبائك البنيات الاتية :

1) السبائك قبل اليوتكتية ، اى المحتوية على Sn بنسبة 14.8 – 36.4٪

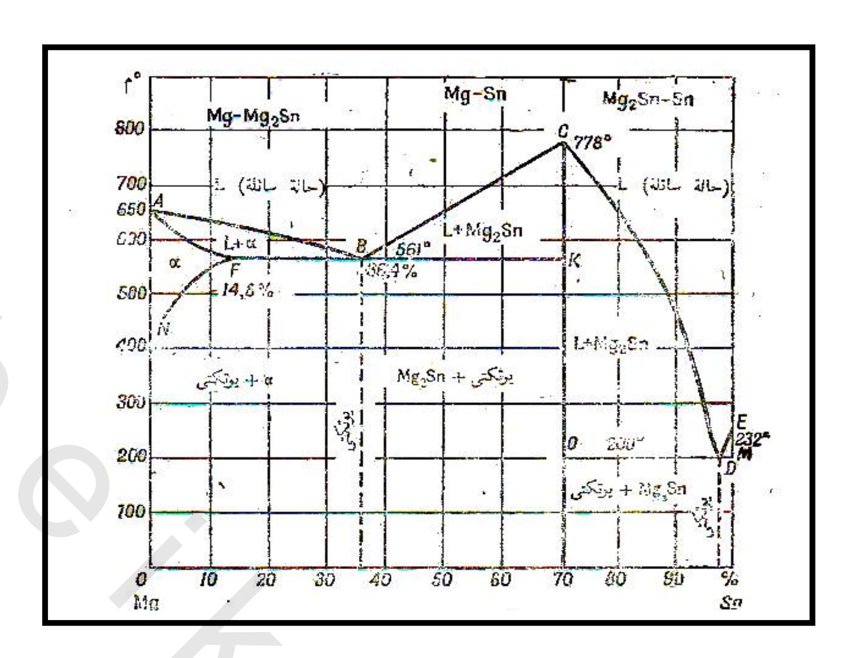
- تتكون من بلورات زائدة من الماغنسيوم + يوتكتى (Mg+ Mg2Sn) .

2) السبيكة المحتوية على 36.4 ٪ Sn - يوتكيتة التركيب .

3) السبائك بعد اليوتكتية (المحتوية على قصدير بنسبة 36.4 – 71٪) – وتتكون من بلورات زائدة من Mg2Sn + يوتكتى .

4) السبائك المحتوية على 14.8 ٪ من القصدير – و تتكون من بلورات Mg2Sn + Mg (ثانوية) دون يوتكتى .

يتكون على الخط ODM يوتكتى من الاكوار Mg2Sn و بلورات القصدير . و عند تمام تتكون بنية السبائك فى مدى التركيب من 71 – 98 ٪ Sn من بلورات طليقة من Mg2Sn + يوتكتى . و عند التركيب 98 ٪ Sn - يوتكتى خاص، وفى مدى التركيب من 98 – 100 ٪ صدير – بلورات طليقة من القصدير + يوتكتى .

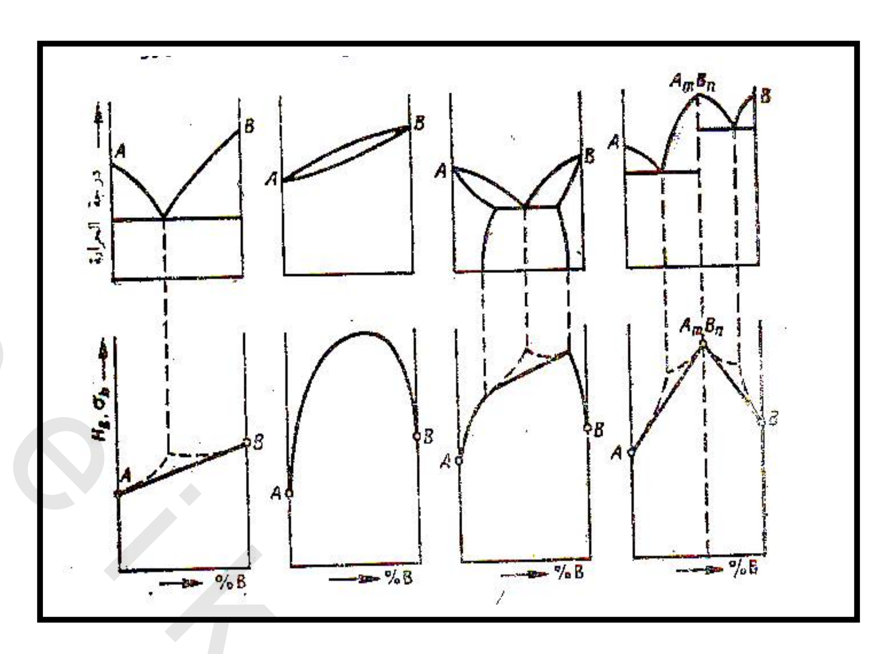


شكل رقم 45 ، رسم بيانى لحالة سبائك النظام Mg – Sn

العلاقة بين خواص السبائك و تركيبها و بنيانها :

أثبت العالم ن .س .كورناكوف بعد ابحاث متواصلة العلاقة بين الخواص الميكانيكية و الطبيعة للسبائك و تركيبها و بنيانها (شكل 46) . وبعد ذلك بين العالم أ . أ . بوتشفار انه يمكن بتحليل السبيكة باستعمال الرسم البيانى للاطوار، و تحديد أهم خواص السبائك عند سباكتها و هى السيولة والمسامية و غيرها .

و يمكن كذلك من الرسوم البيانية للاطوار الحكم على امكان تشغيل المعادن على الساخن و المعاملة الحرارية و التسغيل بالألآت القاطعة و غيرها من الصفات . و على سبيل المثال فالصلادة HB ونقطة الكسر (اجهاد أقصى مقاومة) δb و التوصيل الكهربائى النوعى و المقاومة فى السبائك المكونة ليوتكتى ما تتغير بقانون الخط المستقيم، اى انها عبارة عن متوسط خواص المكونين .



شكل 46 ، العلاقة بين خواص السبائك و تركيبها (بيانى الحالة)

والسبائك اليوتكتية ذات خواص ممتازة فى السباكة : فهى ذات درجة انصهار منخفضة و سيولة عالية و قابلية جيدة للتشغيل على ماكينات القطع اكا بالنسبة للسبائك التى تتجمد مكوناتها على شكل محاليل صلبة فان الخواص الميكانيكية (HBδb)، تتغير بمنحنيات سلسة كما ان لهذه السبائك توصيل منخفض للكهرباء و قابلية جيدة للتشغيل بالضبط، كما ان قابليتها اردأ للسباكة و التشغيل بالقطع و تتغير الخواص الميكانيكية و الطبيعة للسبائك التى تكون مكوناتها مركبا كيميائيا و يوتيكيا بقانون الخط المستقيم ابتداء من العنصر النقى حتى المركب الكيميائى باعتباره مكون جديد فى المجموعة ، اى انها المتوسط الحسابى من خواص المكون و المركب الكيميائى .





الباب الثامن

سبائك الحديد و الكربون



1- مكونات سبائك الحديد والكربون :

يعتبر الصلب والحديد ازهر، وهما أهم المواد المعدنية في الصناعات الميكانيكية، من سبائك الحديد ى والكربون .

ومكونات سبائك الحديد والكربون هما الحديد والكربون، وقد أوردنا فيما سبق منتحني تبريد الحديد النقي (شكل 19) مع بيان ما فية م، أشكال تآصلية α و آ في سبائك الحديد والكربون ، غير أن درجات حرارة التحولات تتغير قليلا حسب نسبة الكربون في السبيكة .

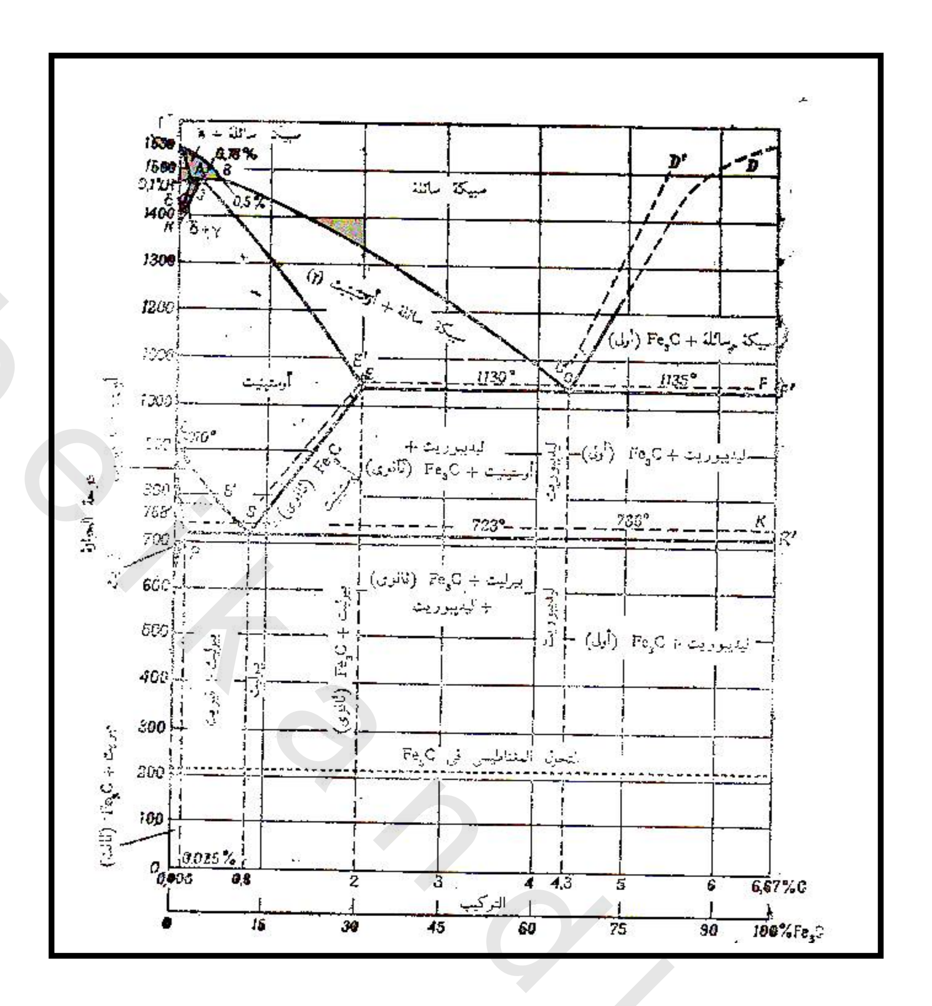
أما المكون الثاني لهذه السبائك هو الكربون (c) فيكون مع الحديد مركبا كيميائيا FeaC (كاربيد الحديد – السمنتيت) وهو يحتوي علي الكربون بنسبة 6,67 ٪ .

2- بيان أطوار سبائك الحديد والكربون

لقد تحددت معالم بيان أطوار سبائك مجموعة الحديد والكربون (قي الشكل التالي رقم 47) كما نعرف الآن نتيجة للأبحاث التي قام بها عدد من علماء المعادن، وقد بدأ إنشاء هذا البياني د. ك تشرنوف، الذي أكتشف النقط الحرجة للصلب في سنة 1868 م . وقد عاود بحث هذا البياني بعد ذلك أكثر من مرة، وقد قدم ن، ف، جوتوفسكي و م.ف . وروترتس – أوستن وروزياوم الكثير في دراسة هذا البياني وبأعمال إ .إ كوربنيلوف أحدث البينات بهذا الخصوص، وتعتبر سبائك الحديد والكربون من النىع الذي يكون مركبا كيميائيا (أنظر الشكل 45) .

وسـنبحث فيمـا يلـي الجـزء مـن بيـاني الأطـوار الـذي يشـمل السبائك المحتوية علي الكربون بنسبة تصل إلي 6,67٪ فقط، إذا أن السـبائك المحتويـة عـلي الكربـون بنسـتبة أعـلي مـن ذلـك لا تستعمـل عمليـا والكربـون في سـبائك الحديـد والكربـون يمكـن أن يكـون متحدا FeaC أو في الحالة الحرة (c أى الجرافيت) ولهذا فإن الأطـوار يشمـل علـي نظاميـن : 1) Fe-Fe3C (غيرالمسـتقـر) وهـو مـبين في الشـكل (47) بخطـوط منقطـة – يعـطي هـذا النظـام الشـكل التخطيطي لتكوين البنيات المختلفة بأنواع الزهـر الرمادي والمختلط، حيـث يوحـد الكربـون كليـا أو جزئيـا في الحـالة الحـرة (الجرافيت).

لدراسـة التحولات التي تحدث في أنواع الصلب الزهـر الأبيض يستعمـل لبيـاني Fe-Fe3C أمـا لدراسـتة أنـواع الزهـر الرمـادية فبستعمل البيانيان (Fe - C, Fe- Fe-Fe3C) معا .



شكل رقم 47 – بياني لحالة سبائك الحديد والكربون : الخطوط المستمرة – النظام Fe3C- Fe الخطوط المنقطة (الأفقية والمائلة – النظام C.Fe

بيان أطوار سبائك المجموعة Fe-Fe3C :

تمثل الخطوط المستمرة (بشكل47) بياني أطوار سبائك الحديد السمنتيت يبين بنيان وتحويلات أنواع الصلب والزهر الأبيض، ويذكرنا هذا البياني ببيانات أطوار السبائك التقليدية التي بحثناها فينا سبق، فية تحول بيريتكلي (بالركن العلوي الأيسر)

وقابليـة محـدودة للذوبـان في الحـالة الصلبـة ومركـب كيمـيائي ويـوتكتي، غيـر أن بـة شـيئا جـديدا – وهـو خطـوط درجـة الحـرارة الموجـودة تحـت خـط الجمـود والـتي تمـتد فتشمـل كـل سـبائك المجموعة وتدل هذة علي حدوث التبلور الثانوي .

وقـد أخـذت علـي المحـور الأفقـي نسبةالكربـون المئـوي في السـبائك حـتي 6,67٪ حـتي نسـبة التركيـزه في المـكون الثـاني للمجمـوعة – السمنتيـت . وعلـي نفس المحـور أخذنـا كـذلك نسبـة السـمنتيت (أرقـام السـطر الثـاني) بالمئـة مـن 0 إلـي 100 إذا أحـتواء السبيكـة علي 6,67٪ مـن الكربـون يعـني أحتوائهـا عـلي 100٪ مـن السـمنتيت .

فلنبحث بياني حالة المكونين Fe- Fe-Fe3C تـاظر النقطة D درجة تجمد السمنتيت (~ 1550º) .

ويمكـن تقسـيم البيـاني إلـي جـزئين حسـب تحـول السـبتئك عـند تغيـر درجـة الحـرارة : 1- الجـزء العلـوي ويشـمـل التبلـور الأولـي للسـبائك إبتـداءا مـن خـط السـيولة ABCD حـتي خـط الجمـود AHJECF ، 2) الجزء السفلي إبتداءا من خط الجمـود حتي إنتهـاء التبريد ويشـمل عمليات البلور الثانوي للسبائك .

وتكون تقسيم مهما كان تركيبها في الحـالة السـائلة فـوق خـط اليولـة ABCD وبـين خـط الجمـود AHJECF درجـة تجمـد السـبائك، أي أن عمليـة اليبـلور تنتـهي عـند هـذا الخـط . أمـا بـين خـط الجمود والخط GPSK فتجري عمليات التبلور الثانوي للسبائـك .

ويمكن تقسيم البياني حسب تركيب السبائك (او تركيزها) إلي منطقتين:

1) منطقة الصلب المحتوي علي كربون بنسبة حتي 2٪ ولا يوجد بهذه السبائك يوتكي- ليديبوريت و 2ـ منطقة للحديد الزهر المحتوي علي كربون بنسبة من 2 إلي 6,67٪ (ويتكون بهذه السبائك يوتكي ـ ليديبوريت).

أ- منطقة التبلور الأولي :

المنطقة ABC هي المنطقة إفراز بلورات المحلول الصلب للكربون في حديد أى $Fe\delta$ (C) من السبيكةالسائلة . وبالمنطقة ABH توازن ثنائي الطور بين بلورات المحلول الصلب $Fe\delta$ (C) ذات التركيز المتغير (يتغير تركيب هذه البلورات حسب الخط AH والمحلول السائل (L) ذي التركيز المتغير كذلك (بتغير تركيز المحلول السائل حسب الخط AB) وتتجمد علي الخط AH السبائك المحتويةعلي كربون بنسبة حتي 0,1٪ ويوجد تحت هذا الخط طور واحد ـ المحلول الصلب $Fe\delta$ (C) ويجري علي الخط الفقي HJB (1496°) تفاعل بيريتكتى : فيكون الطور السائل (المحتوي علي0,1 %C) والمحلول الصلب للكربون في حديد ــ I δ $Fe\delta$ (c) (المحتوي علي 0,1٪ C) محلولا صلبا للكربون في حديد ـ γ (C) $F\ \gamma$ (يحتوي علي (0,18 ٪ C) أى أن هناك توازن ثلاثي الطور عديم التغلر للنظام، ةيرمز للمحلول الصلب للكربون في حديد γ بالرمز $Fe\gamma$ (C) ويسمي (بالأوسنيت) .

وتشمل المنطقة JBCE السبائك المحتوية علي C بنسبة حتي 4,3٪ ويتحول المحلول الصلب Fe(c) إلي $Fe\ \gamma$ تحت الخط JB،

أما الخط BC فيبين بدء إفراز بلورات المحلول الصلب للكربون في حديد ـ γ . (الأوستنيت) (Feγ (C من السبيكة السائلة وبين الخط JE إنتهاء تبلور السبائك المحدودة بالنسبة2٪ C يتكون الاوستنيت Feγ(C) ، فالطور الوحيد الذى يبقى تحت هذا الخط هو الاوستنيت الخالص . و تكون السبائك بين الخطين BC و JEC ثنائية الطور : فيها بلورات من الاوستنيت التى يتغير تركيبها حسب الخط JF ، و السبيكة السائلة (L)، التى يتغير تركيبها حسب الخط BC . و نسبة الكربون فى الاوستنيت عند درجة حرارة 1130 ° (نقطة E) هى 2 ٪، بينما نسبته فى الجزء السائل من السبيكة (نقطة C) 4.3 ٪ . و تتجمد السبائك المحتوية على كربون بنسبة من 2 – 4.3 ٪ على الخط EC عند درجة 1130° . وعند نقطة C تتحول السبيكة السائلة الى يوتكتى يسمى باالليديبوريت و هو عبارة عن خليط من بلورات Feγ(C)، Fe3C .

و تتكيز السبيكة المحتوية على كربون نسبة 4.3٪ عن السبائك الاخرى للمجموعة بكونها تتجمد عند درجة حرارة واحدة لا فى مدى من درجات الحرارة (خط السيولة و خط الجمود) و هى درجة حرارة النقطة C 1130° و تكون عند تجمدها يوتكتيا هو الليدبيوريت دون أطوار زائدة .

المنطقة DCF (شكل 47) و يبين خط السيولة DC بدء افراز بلورات السمنتيت الاولى Fe3C من السبيكة السائلة . اما فى المدى بين DCو CF فان السبائك تكون مزدوجة الطور : بلورات من السمنتيت المفرز من السبيكة السائلة، و السبيكة السائلة التى يتغير تركيبها حسب الخط DC حتى يصل تركيزها الى 4.3٪ C و ينتهى

تبلور السبائك على خط الجمود CF يتكون يوتكتى يتركب من : $Fe\gamma(C)$ ، $Fe3C$. و هكذا تتكون فى نظام حديد - سمنتيت

بنتيجة التبلور الاولى للبنيات التالية :

1) السبائك المحتوية على C بنسبة حتى 0.1 ٪ و تكون محلول صلب من $Fe\gamma(C)$.

2)السبائك المحتوية على 0.1 – 0.18 ٪ C تكون خليطا من المحلولين الصلبين $Fe\delta(C)$، $Fe\gamma(C)$.

3) السبائك المحتوية على 0.18 – 2 ٪ C تكون محلولا صلبا من الاوستنيت $Fe(C)$.

4) السبائك المحتوية على 2 – 4.3 ٪ C تتكون من اوستنيت و الليديبوريت .

5) السبيكة المحتوية على على كربون بنسبة 4.3 ٪ C تكون ليديبوريت .

6) السبائك المحتوية على كربون بنسبة من 4.3 – 6.67 ٪ تتكون من سمنتيت و ليديبوريت .

وكما بينا سابقا فان جميع سبائك المجموعة $Fe - Fe3C$ تنقسم حسب مكونات بنياتها الناتجة عند التبلور الاولى الى الانواع التالية : الصلب – و هى السبائك المحتوية على كربون بنسبة حتى 2 ٪ (الجزء الايسر من الرسم البيانى) و التى لا يتكون بها ليديبوريت ، وانواع الحديد الزهر (الابيض) – و هى السبائك المحتوية على كربون بنسبة من 2 – 6.67 ٪، و التى يتكون بها ليديبوريت .

ب – التبلور الثانوى للسبائك :

تسمى التحولات التى تحدث فى السبائك فى الحالة الصلبة عند درجات حرارة تحت خط الجمود ، بالتبلور الثانوى للسبائك . لنبحث التبلور الثانوى للصلب اولا (شكل 47) اى للسبائك المحتوية على كربون بنسبة 2 ٪ . فى انواع الصلب المحتوية على كربون بنسبة لا تزيد عن 0.1 ٪ عند الخط NH يحدث تحول بوليمورفى (تتكون به عدة أطوار)

$$Fe\delta(C) \longrightarrow Fe\gamma(C)$$

اما السبائك المحتوية على كربون بنسبة تقع فيما بين 0.1 – 0.18 ٪ (بالمنطقة NHJ) فان عملية التحول من δ ⟵ γ بها تتكون عملية مزدوجة الطور ($Fe\delta(C)$ و $Fe\gamma(C)$ ، يتغير تركيزها حسب الخطين NH و JN .

اما المنطقة بين الخطين NJE و GSE والتى تشمل انواع الصلب المحتوية على كربون بنسبة لا تزيد عن 2 ٪ فتكون كل انواع الصلب فيها وحيدة الطور و تتألف بنيتها من الاوستنيت $Fe\gamma(C)$.

و يكون الصلب المحتوى على 0.8٪ كربون (الصلب اليوتكتويدى) فوق النقطة S 723^o فى حالة اوستنيتية و عند هذه النقطة يحدث تحول يتكتويدى يشبه التحول اليوتكتى فيتحول الاوستنيت الى خليط من الفيريت و السمنتيت، و يسمى بالبيرليت، و ذلك حسب التفاعل :

$$Fe\gamma(C) \longrightarrow Fe\alpha + Fe3C$$

وهذا التحول عديم التغيير و ذلك لوجود ثلاثة اطوار :

$Fe3C$ ، $Fe\alpha(C)$ + $Fe\gamma(C)$ ، C = 2 + 1 – 3 = صفر .

و فيما تحت درجة الحرارة اليوتكتويدية يكون هذا الصلب ذا بنيــة بيرليتيــة (شــكل 48، c) . و يســمى هــذا الصــلب بالصــلب اليوتكتويدى كما يسمى التحول عند النقطة s بالتحول اليوتكتويدى و درجة حرارة هذا التحول (723º) بدرجة الحرارة اليوتكتويدية .

و يقسم الصلب اليوتكتويدى (0.8 ٪ C) انواع الصلب الى قسمين :

1) انـواع الصـلب قبـل اليوتكتويديـة المحتويـة علـى كربـون حتـى نسـبة 0.8٪ .

2) انـواع الصـلب بعـد اليوتكتويديـة المحتويـة علـى كربـون بنسـب مـن 0.8- 2٪

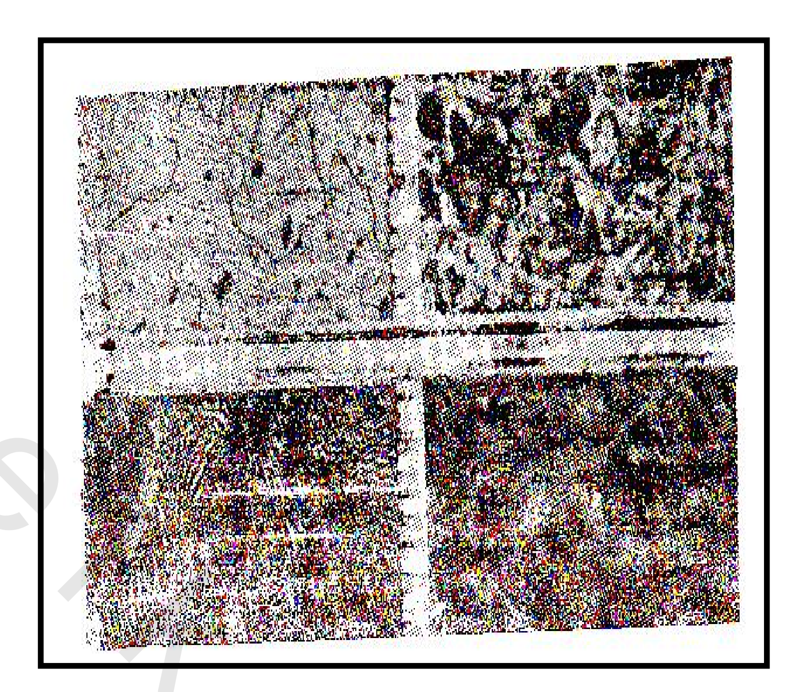
التحولات فى انواع الصلب قبل اليوتكتويدية عند التبريد :

يبين الخط GS (شكل 47) بدء افرازات بلورات الفيريت $Fe\alpha(c)$ مـن الاوسـتنيت نتيجـة للتحـول $\gamma \longrightarrow \delta$ يوجـد بالمنطقـة GSP طـوران : بلـورات الفيريـت $Fe\alpha$ (C) المـتغيرة التركيـز (و يـتغير تركيـز الكربـون فـى الفيريـت حسـب الخـط GP و عنـد درجـة حـرارة 723º يـذيب الفيريـت 0.025٪ C)، و بلـورات للاوسـتنيت $Fe\gamma(C)$ المـتغيرة التركيـب : اذ ان تركيـز الاوسـتنيت يـتغير حسـب الخـط GS فيصل S. و نتيجـة للتبلـور الثـانوى و عنـد تمـام التبريـد تتكـون بالصـلب الـذى يحتـوى علـى نسـبة 0.8 ٪ كـربـون عنـد درجـة 723 º (نقطـة قبـل

اليوتكتويدى بنيات مكونة من الفيريت + بيرليت (شكل 48))
ويحتوى الفيريت Feγ(C) على 0.008 ٪ كربون .

التحولات فى انواع الصلب بعد اليوتكتويدية :

تفرز بلورات السمنتيت الثانوى Fe3C من الاوستنيت حسب الخط ES و هذا يعنى انه فى مدى درجات الحرارة بين ES و SK (شكل 47) تكون انواع الصلب مزدوجة الطور : منها اوستنيت (C) Feγ المتغير التركيز، يتغير تركيزه حسب الخط ES و يصل لدرجة حرارة 723 ^{o} الى 0.8 ٪ C، كما ان بها سمنتيت ثانوى Fe3C . ويتحول الاوستنيت عند الخط SK 723 ^{o} الى بيليت (تحول يوتكتيدى) . و عند تمام التبريد تتكون بنية الصلب بعد اليوتكتويدى من البيرليت و بلورات طليقة (زائدة) من السمنتيت الثانوى (شكل 48، d)و هكذا فان تحليل الجزء الخاص بالصلب من بيانى الاطوار للمجموعة Fe – Fe3C (شكل 47) – اى ان نتائج التبلور الاول و الثانوى – تبين انه يمكن تقسيم جميع انواع الصلب حسب بنيتها الى ثلاثة انواع و قد اوردنا بجدول 4 بنيات هذه الانواع من الصلب .



شكل رقم 48 ، البنية الميكروسكوبية للحديد و الصلب :

1) الحديد (الفيريت) .

2) صلب يوتكتويدى يحتوى على 0.5٪ كربون (فيريت + بيرليت) .

3) صلب يوتكتويدى يحتوى على 0.8٪ كربون (بيرليت) .

4) صلب بعد يوتكتويدى يحتوى على 1.3٪ كربون (بيرليت + شبكة من السمنتيت) .

أنواع الصلب	نسبة الكربون	البنية
قبل يوتكتويدى	0 – 0.8 ٪	فيريت + بيرليت
يوتكتويدى	0.8٪	بيرليت
بعد يوكتويدى	0.8 – 2 ٪	بيرليت + سمنتيت

جدول رقم (4) ، أنواع بنيات الصلب الكربونى

كمـا اوردنـا بشـكل (48) البنيـان الميكروسـكوبى لهذه الانـواع مـن الصـلب، و تتحـدد النسـبة الكميـة لمكونـات البنيـة حسـب قاعدة الاجزاء المقطوعة .

مثال :

صلب قبل يوتكتويدى يحتوى على 0.3 ٪ كربون و يتركب بنيته من الفيريت و البيرليت . و المطلوب تحديد كمية الفيريت ك ف و البيرليت ك ب بهذا الصلب.

ملاحظة : يمكن اهمال احتواء الفيريت على الكربون (بنسبة 0.008 ٪) فى الحسابات العملية .

الحل

بتطبيق قاعدة الاجزاء المقطوعة :

ك ب = $\frac{0.5}{0.8} \times 100 = 62.5$ ٪

ك ب = $\frac{0.3}{0.8} \times 100 = 37.5$ ٪

مثال :

تتركب بنية الصلب بعد اليوتكتويدى المحتوى على 1.2٪ C من البيرليت و السمنتيت . و المطلوب تحديد كمية البيرليت ك ب و السمنتيت ك س .

الحل

للنوع المعطى من الصلب نجد ان طول الجزء المقطوع المتناسب مع كمية البيرليت : 1.2 – 0.8 = 0.4 ، و طول الجزء المقطوع المتناسب مع كمية السمنتيت : 6.67 – 1.2 = 5.47 ، و مجموع الاجزاء المقطوعة هو 6.67 – 0.8 = 5.87 . بتطبيق قاعدة الاجزاء المقطوعة نجد ان :

ك ب = $\frac{5.47}{5.87}$ × 100 = 93.18 ٪ و كمية السمنتيت :

ك س = $\frac{0.4}{5.87}$ × 100 = 6.82 ٪

و يمكن من وجود مكونات البنية فى الصلب الحكم على خواصه اذا كانت خواذ هذه المكونات معروفة لنا .

3- **خواص الصلب الكربونى فى حالة الاتزان** (**بعد التبريد البطىء**) :

بنية الصلب المبرد تبريدا بطيئا تكون مزدوجة الطور : فهى تحتوى على الفيريت و السمنتيت، و يدخل هذان الطوران فى تركيب البيرليت، و قد يوجدان جزئيا على شكل مكونات طليقة زائدة – هى الفيريت و السمنتيت .

و بتطبيق فروض ن . س . كورناكوف للسبائك – المخاليط على انواع الصلب، يمكن تحديد خواصها على اساس خواص كل من الطورين الداخلين فى تركيب بنيتها بهذه النسبة او تلك – و هما الفيريت و السمنتيت . و يعتبر الفيريت الحالة اللينة الصعبة الكسر نسبيا فى سبائك الحديد و الكربون . و يمكن عمليا ان تؤخذ الخواص

الميكانيكية للفيريت كما يلى رقم الصلادة البينيلى HB ≈ 80 كجم/ مم2، و المقاومة القصوى σb ≈ 30 كجم/ مم 2، الاستطالة النسبية δ ≈ 40٪ ، نقص مساحة المقطع Ψ ≈ 70 ٪، مقاومة الصدمات (رقم آيزود)

ak ≈ 20 كجم مم2 اما السمنتيت فهو الطور الصلد الهش فى سبائك الحديد و - الكربون، و تساوى صلادة السمنتيت Hs = 700 – 800 .

و الخواص الميكانيكية للبيرليت كلآتى :

الصلادة Hs = 180 ، المقاومة القصوى σb = 85 كجم /مم2، الاستطالة النسبية δ = 10٪ . وهذه الارقام صحيحة بالنسبة للبيرليت ذى الرقائق الكبيرة، اما البيرليت الدقيق الرقائق و البيرليت الحبيبى فان الصلادة و المقاومة القصوى بهما تنخفض فى حين تزداد الاستطالة النسبية و مقاومة الانكسار (الشغل المبذول لكسر العينة) . وعلى العموم لتعيين خواص الصلب من بنيته فلا يكون الاتقريبيا و لما كان ن. س . كورناكوف و أ . أ . بوتشفار يقولان بأن الصلادة و المقاومة القصوى للسبائك هى عبارة عن المتوسط الحسابى لهذه الخواص بالنسبة لمكونات السبائك، فان صلادة الصلب الملدن يمكن تحديدها من المعادلة :

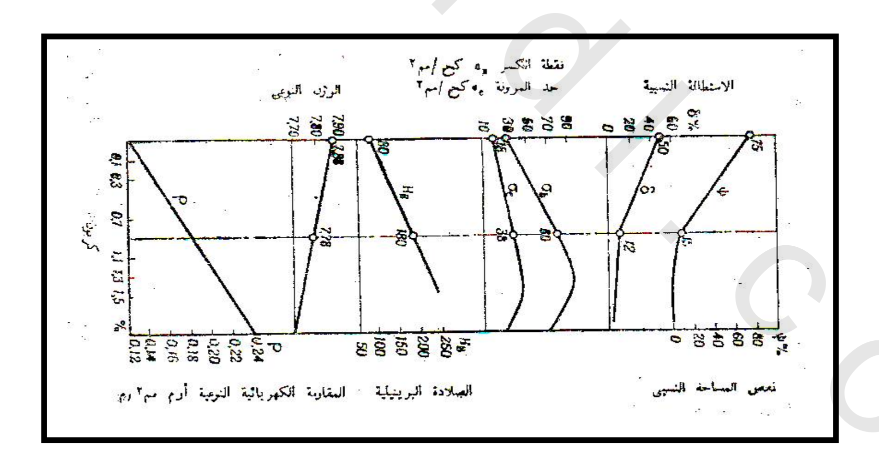
HB = 1.3 (80 ك ف + 180 ك ب) للصلب القبل اليوتكتويدى، كما ان

HB = 1.3 (180 ك ب + 800 ك س) للصلب بعد اليوتكتويدى . و قد أضيف المعامل 1.3 لتصحيح التغيير الناتج عن تأثير الشوائب فى الصلب، اما المعاملات 80، 180، 800 فهى ارقام الصلادة البرينيلية للفيريت و البيرليت و السمنتيت . فى حين ان الرموز

ك ف، ك ب، ك س تعبر عن كمية الفيريت و البيرليت و السمنتيت فى الصلب فى اجزاء عشرية او مئوية من الكمية الكلية للصلب التى تعتبر مساوية للوحدة .

و تتحدد خواص الصلب قبل اليوتكتويدى، الذى يتكون من البيرليت و الفيريت الزائدة بمكية كل من عنصرى البنية و لذا تكون مقادير هذه الخواص متوسطة بين مقادير خواص الفيريت و البيرليت . اما فى الصلب بعد اليوتكتويدى فيظهر بدلا من الفيريت سمنتيت زائد ، و بزيادة نسبة الكربون فى الصلب تتغير كل خاصه كما يحدث فى الصلب قبل اليوتكتويدى، فتتزايد الصلادة و المقاومة و تتناقص اللدونة . و بزيادة كمية السمنتيت الائد فى الصلب تتزايد قصافته زيادة كبيرة و تنقص المقاومة ويصبح تقدير الخواص الميكانيكية بالحساب غير دقيق .

و يبين شكل رقم (49) تغير خواص الصلب تبعا لنسبة الكربون به .



شكل رقم (49) ، تغير خواص الصلب حسب نسبة الكربون

ومن الشكل نرى ان زيادة نسبة الكربون فى الصلب، او بمعنى آخر زيادة نسبة الطور الصلد القصيف وهو السمنتيت تتبعها تتبعها زيادة صلادة الصلب HB ومقاومته σb فى خطوط مستقيمة، فى حين تتناقص لدونة الصلب و اما بالنسبة للخواص الطبيعية للصلب فان الوزن النوعى يتناقص فى خط مستقيم فى حين تتزايد المقاومة الكهربائية فى خط مستقيم تقريبا . ويتم التحكم فى خواص الصلب عمليا بتغيير بنيته بمعاملته حراريا وكيميائيا .

الشوائب فى الصلب :

تحتم ظروف انتاج الصلب وجود بعض العناصر، غير الكربون، فى الصلب على شكل شوائب ومن هذه العناصر : السيليكون Si، المنجنيز Mn ، و الفوسفور P، و الكبريت S، و الاكسجين O، والنيتروجين N .

السيليكون :

يعتبر هذا العنصر فى حالة وجوده فى الحدود من 0.17 – 0.37 ٪ عنصرا مفيدا، اذ انه يساعد على اختزال الصلب و يرفع بذوبانه فى الفيريت مرونة الصلب .

المنجنيز :

و هذا العنصر ايضا مفيد فى الحدود ما بين 0.25 – 1 ٪ فهو يزيد من متانة الفيريت عند ذوبانه فيه، كما انه يرفع الخواص الميكانيكية للصلب و يزيد من قابليته للتقسية اذ يكون كاربيد المنجنيز Mn3C و يساعد المنجنيز على ابطال الاثر السيىء للكبريت .

الكبريت :

من الشوائب الضارة فى الصلب . فان كبريتيد الحديد Fe S يكون مع الحديد يوتكتيا سهل الانصهار، اذ ينصهر عند 985 ^{o} م . ويؤدى ذلك الى انكسار الصلب عند تخزينه اذ انه يذوب عند تسخين الصلب تمهيدا لتشغيله بالحرارةاو الكبس او الدرفلة. و لمنه تكون ال FeS تضاف الى الصلب نسبة مرتفعة من المنجنيز الذى يتحد مع الكبريت مكونا Mn S ولا يسمح فى انواع الصلب المعتادة بزيادة نسبة الكبريت عن 0.05 ٪ وفى الانواع الجيدة منه عن 0.03٪.

الفوسفور :

يكون الفوسفور الحديد محلولا صلبا Fe(P) متغير التركيز مركب كيميائى Fe3P، و يميل الى الانعزال و يرفع بذلك من الصلادة للصلب كما يخفض لدونته و مقاومته للصدمات بدرجة كبيرة و لهذا فلا يسمح بزيادة نسبة الفوسفور فى الانواع المعتادة من الصلب عن0.05 ٪ و فى الانواع الجيدة منه عن 0.03٪ .

ومن الجدير بالذكر ان الكبريت و الفوسفور يرفعان من قابلية الصلب للتشغيل – فيمكن استخدام الألآت القاطعة مدة أطول كماان السطح المشغل يكون اجود . و لهذا توجد للمخارط الاوتوماتيكية (الآلية) انواع خاصة من الصلب تصل فيها نسبة الكبريت الى 0.08 – 0.2. ٪ و نسبة الفوسفور الى 0.15 ٪ .

الاكسجين :

و يكون فى الصلب اكاسيد ، يسبب انكسار للصلب عند درجات الحرارة المرتفعة و تخفض من قابليته للتشغيل بالألآت القاطعة .

النيتروجين :

ويكون فى الصلب نتريدات قصيفة شديدة الصلادة .

و تصل نسبة الشوائب فى الصلب الكربونى حسب المواصفات الحالية، المنجنيز (Mn) حتى 1.0 ٪، السليكون (Si) 0.8 ٪، الكروم (Cr) 0.3 ٪، والنيكل (Ni) 0.3 ٪، فاذا زادت نسبة هذه العناصر عن ذلكيعد الصلب صلبا سبائكيا .

4- انواع الصلب الكربونى :

ينقسم الصلب حسب استعماله الى نوعين : صلب انشاءات، وصلب عدة .

1) صلب الانشاءات الكربونى : و ينقسم حسب استعماله الى :

1) صلب كربونى معتاد ، ويستعمل عادة بنفس الحالة التى يورد بها دون معاملة حرارية .

2) صلب كربونى جيد ، يستعمل للاجزاء التى تعامل معاملة حرارية كهربية .

و ينقسم الصلب الكربونى المعتاد الى مجموعتين : المجموعة أ (A) و المجموعة ب (B) .

صلب المجموعة أ (A):

ويرقم طبقا للمواصفات القياسية السوفييتية لا حسب التركيب الكيميائى و انما حسب خواصه الميكانيكية صلب (صفر) – . CT، صلب (1) – CT. 1، صلب (2) - CT. 2 ، صلب (3) – CT. 3، صلب (4) – CT. 4، صلب (5) - CT. 5 ، صلب (6) - CT. 6

CT.، صلب (7) - CT. 7 . ولكل ماركة قيمة معينة للمقاومة القصوى و حد الانسياب و الاستطالة النسبية .

صلب المجموعة ب (B) :

ويرقم حسب التركيب الكيميائى، و يوضع قبل الماركة حرف (M) فى حالة صهر الصلب فى فرن مارتن فعلى سبيل المثال : الصلب م1 – MCT 1 – 1، و الحرف (B) فى حالة صهر الصلب فى محول بسمر مثل الصلب ب3- BCT 3، والحرف (T) فى حالة صهر الصلب فى محول توماس، مثل الصلب ت4- TCT 4 .

ويستعمل الصلب المعتاد استعمالا واسعا على شكل الواح و مقاطع للانشاءات المعدنية و الكبارى و اجزاء الماكينات غير الهامة .

اما انواع صلب الانشاءات الجيد فقد وردت فى المواصفات القياسية السوفييتية مع بيان تركيبها الكيميائى و خواصها الميكانيكية بعد المعادلة، و هى الماركات

، 25، 30، 35، 40، 45، 50، 55، 60، 65، 70 KH
. 8، 10، 15، 20

و فى هذه الانواع يبين العدد المكون من رقمين نسبة الكربون فى أجزاء من مئة بالمئة . اما نسبة المنجنيز فى الصلب 08 فتتراوح بين 0.25 – 0.50 ٪، و فى الانواع 20 ، 15، 10 بين 0.35 – 0.65 ٪ و فى الانواع الباقية من 0.5 – 0.8 ٪ .

و سنبة السليكون فى صلب 08 الفوار > 0.03٪ وفى الانواع الاخرى من 0.17 – 0.37 ٪، ونسبة الكبريت لاتزيد عن 0.04 ٪، و

نسبة الفوسفور لا تزيد عن 0.045 ٪، و النيكل لا تزيد عن 0.3 ٪، و الكروم لا تزيد عن 0.3 ٪ .

وتستعمل انواع الصلب 25)، 20، 15، 10، (08 للاجزاء المحملة تحميلا خفيفا، و تستعمل الانواع 20)، 15، (10 للاجزاء التى تقسى ثم تراجع مراجعة عالية (لتحسينها) .

(2) صلب العدة الكربونى :

و قد حددت المواصفات القياسية السوفييتية التركيب الكيميائى للانواع المختلفة لصلب العدة الكربونى y7، y7A، y8، y8A، y9، y9A، y10، y10A، y11، y11A، y12، y12A، y 13، y 13A .

و يدل الحرف y على انه صلب كربونى، فى حين يبين الرقم نسبة الكربون فى اجزاء من عشرة بالمئة .

و يجب ان تكون الألآت المعرضة للصدمات عالية المتانة، ولذلك فانها تجهز من صلب ماركات y7A، y8A (الأجنات، الاسطمبات، مطارق البرادة، وآلات النجارة .....الخ) ويستعمل الصلب ذو النسب العالية من الكربون (بعد اليوتكتويدى) من الماركات y13A، y12A، y11A, y10A, y9A لصناعة الألآت التى لن تتعرض للصدمات الشديدة اثناء عملها اذا كان مطلوبا ان تكون شديدة الصلادة ، مقاومة للتآكل (الألآت القاطعة، المثاقيب، ذكور القلاوظ، الفرايز، كفات القلاوظ، المناشير، الألآت الجراحية، القدود...الخ)

ويدل الحرف A على جودة الصلب و احتوائه على اقل نسبة من الكبريت و الفوسفور، و يسمح فى صلب العدة الكربونى المعتاد المرقم بدون الحرف A بوجود الكبريت بنسبةلا تزيد عن 0.04 ٪ اما فى انواع الصلب ذات الماركة المحتوية على حرف A فان نسبة كل من الكبريت و الفوسفور على حدى لا تزيد عن 0.03 ٪ .

5- **التبلور الثانوى لسبائك الحديد و الكربون المحتوية على كربون بالنسب من** 2 – 6.67 ٪ (**الزهر الابيض**) :

يتم التبلور الاولى لسبائك هذه المنطقة، كما بينا مسبقا، على خط الجمود ECF (1130°) فى توازن ثلاثى الطور مع تكون الليديبوريت (اليوتكتى)، وتكون انواع الزهر تحت خط الجمود ECF (1130°) فى حالة توازن ثنائى الطور غير مستقر، و تتكون بنيتها من الاوستنيت و السمنتيت . و تصل نسبة الكربون فى الاوستنيت على خط الجمود ECF الى قيمة قصوى 2 ٪ و عند التبريد تحت خط الجمود ECF يفرز من الاوستنيت نظرا لانخفاض قدرته على اذابة الكربون سمنتيت ثانوى و عند درجة 723° يبقى فى الاوستنيت كربون بنسبة 0.8 ٪ (نقطة s) و يتحول الاوستنيت فى انواع الزهر تحت درجة حرارة اليوتكتويد (723°) يبقى فى الاوستنيت فى انواع الزهر – مثلما يتحول فى انواع الصلب – الى بيرليت على الخط PSK (723°) و تكون انواع الزهر تحت درجة حرارة اليوتكتويد (723°) فى حالة اتزان ثنائى الطور، فيريت + سمنتيت، وتتكون بنيتها من خليط من هذين الطورين ويسبب السمنتيت الموجود فى الزهر الابيض المميز عند كسره و لذلك يسمى الزهر من هذا النوع بالزهر الابيض .

تقسيم انواع الزهر الابيض حسب بنيتها :

1) زهر يوتكتى :

يحتوى على 4.3 ٪ كربون، و تتكون بنيته من الليديبوريت (اليوتكتى) دون اطوار زائدة (شكل 50، a) . واثناء عملية التبريد من درجة الحرارة اليوتكتية (1130^o) الى درجة حرارة اليوتكتويدية (723^o) يفرز من الاوستنيت الداخل فى تكوين الليديبوريت سمنتيت ثانوى Fe_3C، و يتكون على الخط PSK نتيجة للتحول اليوتكتويدى بيرليت . و يتكون الليديبوريت تحت درجة الحرارة اليوتكتويدية من سمنتيت يوتكتى و سمنتيت ثانوى و بيرليت . و تتحدد نسبة كل من هذه المكونات حسب قاعدة الاجزاء المقطوعة .

2) زهر ابيض قبل اليوتكتى :

(شكل 50، b)، و تتراوح نسبة الكربون به من 2 – 4.3 ٪ و تتكون بنيته عند درجة حرارة 1130^o من بلورات الاوستنيت الزائد (A) المحتوى على 2٪ من الكربون و الليديبوريت (شكل 47) ويمكن تحديد نسبة كل من هذين المكونين بواسطة قاعدة الاجزاء المقطوعة . و على سبيل المثال فان الزهر قبل اليوتكتى المحتوى على 3 ٪ من الكربون تتكون بنيته عند التجمد فى درجة 1130^o من الليديبوريت بنسبة

$$Qل = \frac{3 - 2}{4.3 - 2} \times 100 = 43.5$$ ٪ و الاوستنيت الطليق فى البنية بنسبة

$$Qل = \frac{4.3 - 3}{4.6 - 2} \times 100 = 56.5$$٪ و يفرز من الاوستنيت فى مدى درجات

الحرارة من 1130° الى 723° نظرا للتبلور الثانوى سمنتيت ثانوى، و عند وصوله الى درجة 723° يتكون البيرليت . و تتكون بنية الزهر قبل اليوتكتى تحت درجة حرارة اليوتكتويدية (723°) من ليديبوريت و بيرليت و سمنتيت ثانوى يمكن تحديد نسبة كل منها بواسطة قاعدة الاجزاء المقطوعة، و على سبيل المثال فان الزهر المحتوى على 3 ٪ كربون يكون فى بنيته 11.3 ٪ من السمنتيت الثانوى الطليق و 45.2 ٪ من البيرليت .

3) الزهر العادى :

و يحتوى على كربون بالنسب من 4.3 – 6.67 ٪ و تكون بنيته نتيجة للتبلور الاولى (شكل 50، c) بلورات من السمنتيت الاولى و الليديبوريت . و تتحدد كمية كل من عنصرى البنية هذين حسب قاعدة الاجزاء المقطوعة، فبنية الزهر المحتوى على 5 ٪ C مثلا تتكون بعد التجمد على الخط CF (1130°) من ليديبوريت نسبته :

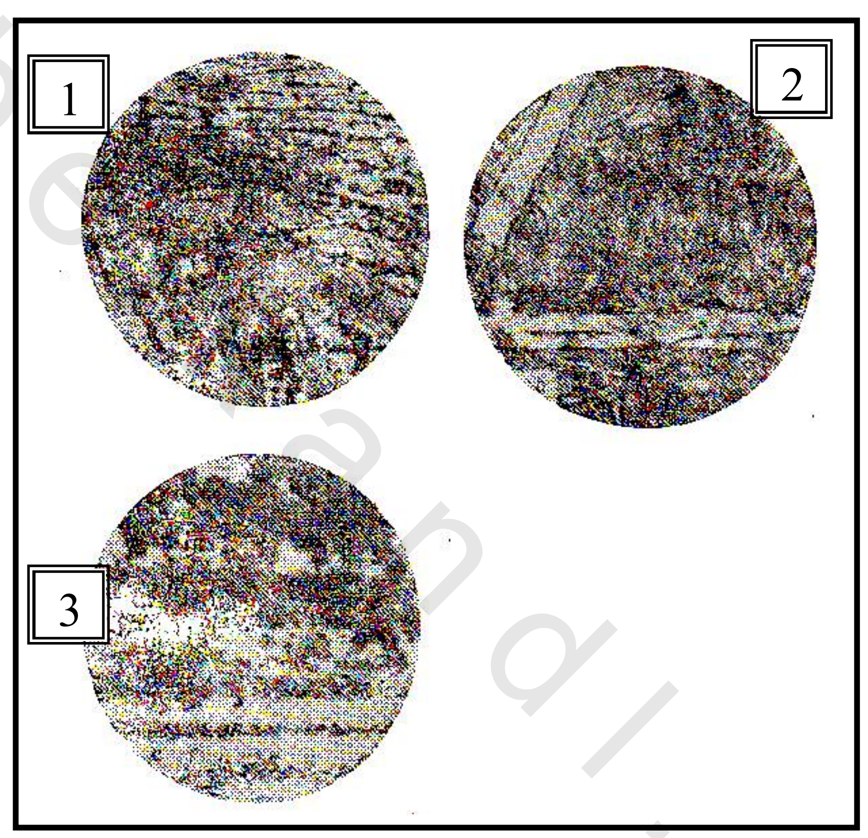
$$Q_{\text{ل}} = \frac{6.67 - 5}{6.67 - 4.3} \times 100\% = 70.46\ \%$$

و سمنتيت اولى نسبته :

$$Q_{\text{ل}} = \frac{5 - 4.3}{6.67 - 4.7} \times 100\% = \frac{0.7}{2.37} \times 100\% = 29.54\ \%$$

اما بعد التبلور الثانوى، اى تحت درجة الحرارة اليوتكتويدية (723°)، فان بنية الزهر بعد اليوتكتى تتكون من السمنتيت الاولى والليديبوريت الذى يتكون من سمنتيت ثانوى و سمنتيت يوتكتى و بيرليت .

و المسبوكات المصنوعة من الزهر الابيض ذات صلادة و هشاشة كبيرتين، و لذلم فقلما يستعمل الزهر الابيض مباشرة . و ان كان الزهر الابيض قبل اليوتكتى المحتوى على 2.5 – 3.2 ٪ كربون يستعمل على نطاق واسع لانتاج الزهر الطروق.



شكل رقم 50 ، بنيات و اطوار الزهر الابيض :
1- زهر ابيض يوتكتى : ليديبوريت ، الاحتواءات الفاتحة – سمنتيت اولى و ثانوى ، و الغامقة - بيرليت
2- زهر ابيض قبل يوتكتى : ليديبوريت ، بيرليت و احتواءات من السمنتيت الثانوى
3- زهر ابيض بعد يوتكتى : ليديبوريت + سمنتيت اولى .

6- **الزهر الرمادى**:

يستخدم الزهر الرمادى على نطاق واسع فى صناعة الماكينات الحديثة، و تصل نسبة الاجزاء المصنوعة من الزهر الى 50 ٪ من وزن الماكينات المصنوعة كلها . و قد تحسنت الخواص الميكانيكية للمسبوكات الزهر فى الثلاثين سنة الماضية اكثر من 3اضعاف : فاذا كانت المقاومة القصوى للزهر عند الشدة سنة 1920 فى المتوسط 20 كجم / مم2، فان المقاومة القصوى للزهر العالى المتانة فى الوقت الحاضر تصل الى 60 – 70 كجم /مم2 .

و الزهر الرمادى عبارة عن سبيكة حديدية تحتوى بنسب متغيرة على الكربون (2 – 4.5 ٪)، و السليكون (0.5 – 3.5 ٪) و المنجنيز (0.5 – 1.5 ٪)، و الفوسفور (0.1 – 1.0 ٪)، والكبريت (حتى 0.15 ٪) و تحدد هذه العناصر التغير فى خواص الزهر .

و اهم هذه العناصر الكربون و السليكون، و يعطينا بيانى الحالة المزدوج لسبائك الحديد و الكربون الذى يبين فى وقت واحد نظام الاتزان الفوق ثابت Fe – Fe3C، (الخطوط المستمرة) و الاتزان الثابت Fe – C (الخطوط المنقطعة) – يعطينا هذا البيانى صورة لمكونات البنية التى تتكون عند تبلور السبائك فى ظروف الاتزان .

و قد بينت الابحاث ان الزهر يتبلور طبقا للنظام الثابت او فوق الثابت، مع تكون الجرافيت فى الحالة الاولى و السمنتيت فى الثانية . ويعطينا بيانى اتزان الحديد – الكربون صورة عن تركيب الاطوار المتكونة، و لكنه لا يبين الشكل الذى تتخذه هذه الاطوار، كما انه لايستطيع تفسير تكون البنية الذى يجرى دائما فى الزهر عند خروجه من حالة الاتزان . و الواقع ان تكون بنية الزهر يجرى عند تبريده المستمر فى القالب الذى يصب فيه مباشرة، ولهذا فان تكون الجزء

الاكبر من الزهر يتوقف على عمليات التحول الاولى (اليوتكتى) و الثانوى (اليوتكتويدى) .

الكربون فى الزهر :

يمكن ان يكون فى حالة اتحاد مع الحديد (السمنتيت) او فى الحالة الحرة (الجرافيت) . و الجرافيت فى الحديد الزهريمكن ان يتخذ الاشكال الاتية :

1) رقائق الجرافيت . 2) كريات الجرافيت .

3) كربون التلدين (التخمير) .

1) رقائق الجرافيت :

و تتكون فى الزهر الرمادى (غير المعامل حراريا غير المضافة اليه عناصر اشابة) نتيجة لتبلور الكربون من المحلول السائل مباشرة . ويمكن ان تتكون ثلاثة اشكال من الجرافيت حسب درجة تجاوز التبريد ووجود انوية للتبلور :

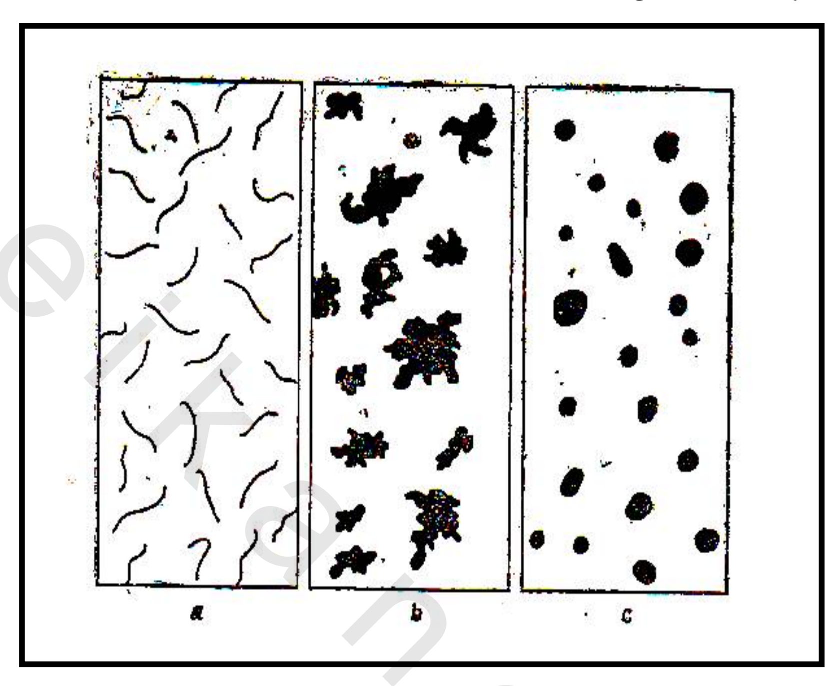
أ) الجرافيت الصفائحى المنتظم .

ب) الجرافيت المندوف .

جـ) الجرافيت الكريى .

شكل (51)، كما ان رقائق الجرافيت تتكون عند تحلل السمنتيت الذى يفرز عند تجميد اليوتكتى حسب المعادلة : $Fe3C = 3Fe + C$

ويساعد تجاوز تبريد الزهر على تكون بلورات دقيقة من السمنتيت وينتج عن تحولها جرافيت رقائق غير نامية من الجرافيت – الجرافيت النقطى .



شكل رقم (51)، اشكال الجرافيت لازهر الرمادى : **a) رقيق.**

b) ندفى c) كريى

2) الجرافيت الكريى :

و يمكن الحصول عليه فى بنية الزهر العالى المقاومة بواسطة اضافة الماغنسيوم او السيريوم الى الزهر الرمادى السائل ثم تعديله بالفيروسليكون .

3) كربون التلدين (التخمير) :

وهو عبارة عن جرافيت مندوف يحصل عليه نتيجة للمعاملة الحرارية للزهر الابيض وكذلك فى عملية الحصول على الزهر الطروق

السليكون فى الزهر :

وله تأثير قوى يساعد على تكوين الجرافيت، كما يساعد على تكون اطوار النظام الثابت . و تلعب زيادة نسبة السليكون فى الزهر عمليا نفس الدورالذى يلعبه ابطاء التبريد، و عند وجود السليكون بنسبة متوسطة (1.3 – 1.8 ٪) فى الزهر فان تأثيره يكون كبيرا فى المنطقة العليا (التحول اليوتكتى) فيسبب تكون الجرافيت، اما عند وجوده بنسبة كبيرة (2.5 – 3.0٪) فانه يكون كبير الاثر فى المنطقة السفلى (التحول اليوتكتويدى)، فيساعد على تكون الفيريت .

تأثير المنجنيز :

لما كان المنجنيز من العناصر المكونة للكاربيدات فى الزهر Mn3C فانه يقلل من تكوين الجرافيت .

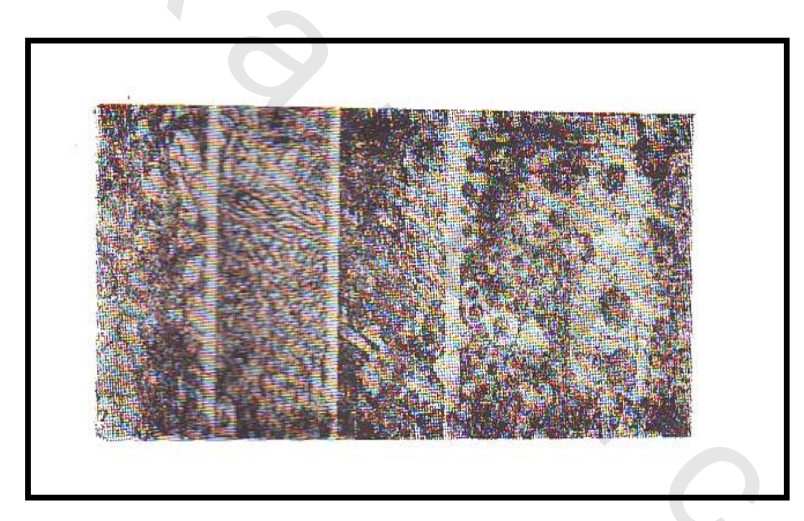
تأثير الكبريت :

يكون الكبريت، الذى يوجد فى الزهر على شكل كبريتيد الحديد FeS، يوتكتيا ثنائيا سهل الانصهار مع الحديد (Fe S + Fe ودرجة انصهاره 985 °)ولما كان هذا اليوتكتى السهل الانصهار فى الزهر الى كونه سهل الانكسار عند درجات الحرارة العالية مما ينشأ عنه تكون الشروخ فى المسبوكات عند تبريدها فى القالب . و وجود الكبريت فى الزهر يعمل على تعطيل تكوين الجرافيت، و يساعد على جعل الزهر المسبوك ابيض كما يخفض من قابليته للتشغيل بالقطع ومن خواصه الكيميائية .

و عند وجود المنجنيز فى الزهر فان الكبريت يتحول الى كبريتيد المنجنيز MnS

$FeS + Mn = MnS + Fe$ و ليس لهذا الكبريتيد تأثير ضار على الزهر مثل تأثير FeS .

و لا يتأثر الفوسفور تأثيرا كبيرا على تكوين الجرافيت فى الزهر . و يبدو تأثير الفوسفور فى حالة احتواء الزهر عليه بنسبة اكبر من حد الذوبان (0.3 ٪) فعندئذ تظهر فى البنية اجزاء تتكون من يوتكتى ثلاثى فوسفورى يتكون من بلورات $Fe + Fe_3C + Fe_3P$ و نسبة العناصر فيه P 6.89 ٪، C 1.96 ٪، Fe 91.15 ٪ و درجة انصهاره 950 ^{o} و يتميز الزهر المحتوى على كمية كبيرة من الفوسفور الى الزهر عند سباكة الاجزاء الرقيقة الجدران بنسبة تصل الى 1 ٪ او اكثر . اما فى المسبوكات الهامة فلا يسمح بزيادة نسبة الفوسفور عن 0.1 – 0.3 ٪ .



شكل رقم (52) البنية الميكروسكوبية للزهر الرمادى :

a) فيريتوبيرليتى . b) بيرليتى .

c) بيرليتو سمنتينى . d) بيرليتوفيريتى مع جرافيت كريى .

e) فيريتى به جرافيت كريى .

أسس الحصول علي زهر عالي الجودة :

في الوقت غبر بعيد كان الزهر الذي تصل مقاومتة القصوي عند الشد إلي 20كج/مم2 يعتبر زهرا عالي الجودة، أما في الوقت الحاضر فإن المواصفات القياسية السفيتية تعتبر أن الزهر ماركة Cγ 38 – 60 يجب الا تقل مقاومته القصوى عند الشد عن 38 كجم/مم2، اما الزهر البيرليتى العالى المتانة ذو الجرافيت الكريى فان مقاومته القصوى تصل الى 100 كجم / مم2 .

و تتوقف الخصائص الميكانيكية للزهر على عاملين :

1) كمية و حجم و شكل و توزيع الجرافيت الذى يحتوى عليه الزهر .

2) بنية المعدن الاساسى .

العامل الاول له فى الواقع اثر حاسم، اذ ان الجرافيت الذى يحتوى عليع الزهر يشكل ما يشبه الخدوش فى المعدن الاساسى، فيضعف من متانته بدرجة تزيد كلما زادت كمية الجرافيت و كلما كانت جزيئاته اكبر و اخشن ،و بالعكس فكلما كانت جزيئات الجرافيت اكثر دقة واستدارة كلما كان الزهر امتن .

ويمكن الحصول على خواص ميكانيكية بالغة الارتفاع بالزهر ذى الجرافيت الكريى بفضل استدارة جزيئات الجرافيت ، ما يخفض من تركيز الاجهادات الداخلية بالزهر .

العامل الثانى المؤثر على متانة الزهر هو بنية المعدن الاساسى (شكل رقم 52)، و بالزهر الرمادى (غير المضاف اليه عناصر اخرى و غير المعامل معاملة حرارية) عادة تتكون بنية المعدن الاساسى من الفيريت و البيرليت ومن البنية الوسطى بينهما – الفيريتوبيرليت .

و يفضل ان يكون المعدن الاساسى بالزهر العالى المتانة من البيرليت المحتوى على 0.8 ٪ من الكربون المتحد ، اما الزهر ذو الاساسى الفيريتى و الفيريتوبيرليتى فان مقاومته القصوى تكون اقل من مقاومة الزهر البيرليتى عند تشابه كل الظروف الاخرى، و لكنه يكون اكثر متانة و مقاومة للصدمات منه لقلة او عدم وجود الكربون المتحد به .

التعديل :

انتشر مؤخرا استعمال التعديل فى الانتاج المسبكى لرفع الخواص الميكانيكية للزهر بتصغير حجم جزيئات الجرافيت به . و يتلخص التعديل فى اضافة المعدل الى الزهر قبل صبه فى القوالب بوضعه على مجرى الصب بفرن الدست او فى البودقة تحت تيار الزهر المنسكب . و المعدل عبارة عن سليكات الكالسيوم المفتتة او الفيروسليكون العالى التركيز بنسبة تصل الى 0.1 – 0.4 ٪ من وزن الزهر . و تقوم المعدلات باختزال الزهر مع تكوين دقائق متناثرة من السليكات (عكارة سليكاتية) تقوم بدور مراكز صناعية عديدة لتكوين الجرافيت، و فى الوقت ذاته يحدث تعطيل لنمو حبيبات الجرافيت . و فى السنوات الاخيرة تم بحث طريقة لتعديل الزهر بواسطة الماغنسيوم و سبائكه و طبقت هذه الطريقة فى عدد من المصانع . وتسمح هذه الطريقة بالحصول على زهر عالى المقاومة ذى جرافيت كرى.

تتكون عملية تعديل الزهر العالى المقاومة من عمليتين متتاليتين :

1) معاملة الزهر بالماغنسيوم او سبائكه .

2) معاملة الزهر بالفيروسليكون .

و قد بحثت مؤخرا وسيلة لتعديل الزهر بسبيكة من الماغنسيوم و الفيروسليكون العالى التركيز .

7- التحكم فى بنية الزهر بضبط النسبة بين كميات الكربون و السليكون الذى يحتوى عليهما و سمك جدران المسبوكات :

الكربون و السليكون هما العنصران الاساسيان اللذان يمكن بواسطتهما التحكم فى تركيب الزهر المعتاد حسب سرعة التبريد ، و لما كان ضبط نسبة الكربون عمليا اصعب من ضبط السليكون لذلك تختار نسبة للكربون تضمن للزهر خواصا جيدة فى السباكة مثل السيولة و قلة التقلص ويمكن الحصول عليها بسهولة بالمعدات المسبكية الموجودة بالمسبك المعنى .

و فى الشكل التالى (شكل 53، a) رسما بيانيا للعلاقة بين نسب الكربون و السليكون بالزهر و بنية هذا الزهر . و ينقسم البيانى حسب نسبة السليكون (على المحور الافقى) والكربون (على المحور الرأسى) الى5 مناطق تختلف فيها البنية من منطقة الى اخرى . و هذا البيانى منشأ لمسبوكات ذات سمك ثابت للجدران، يؤخذ بحيث يعطة عينة قطرها 30 مم، كما لم يؤخذ فى الاعتبار عند انشائه تأثير سرعة التبريد على البنية . و فى الواقع ان درجة تكون الجرافيت تتوقف كذلك على سرعة تبريد الزهر – فالتبريد البطىء يزيد من افراز الجرافيت، و يبين (شكل 53، b) العلاقة بين بنية الزهر و مجموع نسبتى الكربون و السليكون (C + Si) و سمك جدران المسبوكات،

اى بمعنى اخر سرعة التبريد . و قد اخذ على المحور الافقى هنا سمك جدران المسبوكة فى حين اخذ على المحور الرأسى مجموع نسبتى الكربون و السليكون بالزهر . و ينقسم هذا البيانى كذلك الى 5 مناطق للبنية مثله فى ذلك مثل البيانى الاول و هذه المناطق هى :

المنطقة	البنية
1	ب + س
2	ب + جر
3	ف + جر
4	ب + س + جر
5	ب + ف + جر

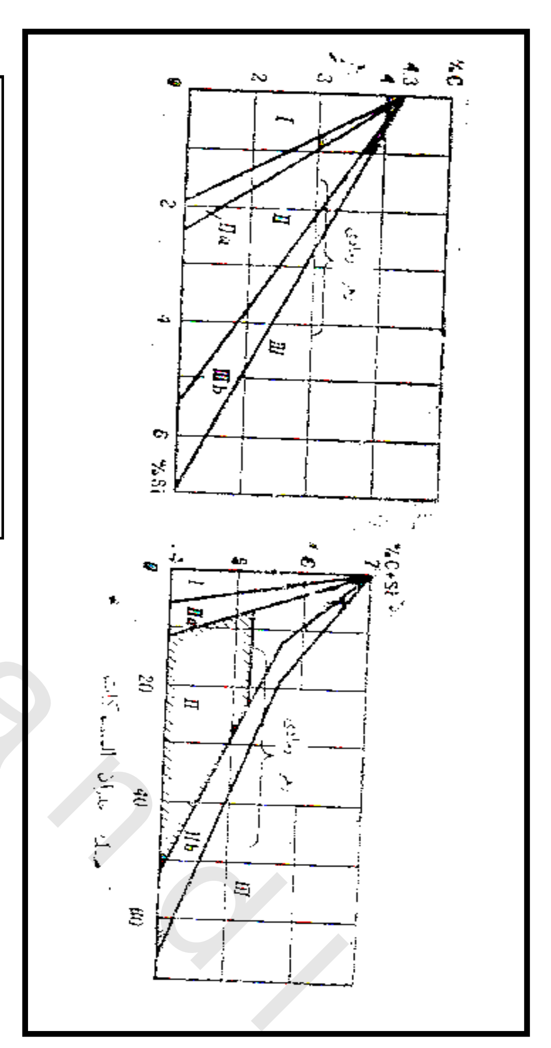
جدول 5

*** ب : بيرليت**

*** س: سمنتيت**

*** جر : جرافيت**

*** ف فيريت**



شكل رقم 53

رسم بيانى لبنيان الزهر :

a) تأثير احتواءات C , Si

b) مع اعتبار سمك جدار المسبوكة .

حد الخط الافقى 5.3 ٪ (C + Si) منطقة الزهر البيرليتى العالى الجودة بالبيانى (شكل 53، b) و هى المطقة المظللة بالبيانى، فمن الثابت ان انقاص C + Si عن هذا الحد يؤدى الى رفع مقاومة الزهر بشكل ملحوظ نظرا لنقص كمية الجرافيت . و قد اوردنا هذين البيانين لايضاح اثر نسبة C، Si و سرعة التبريد على بنية مسبوكات الزهر .

و نستخلص من دراسة البيانى (شكل 53، b) ان الزهر البيرليتى هو اقدر انواه الزهر على اعطاء بنية وحيدة التكوين (ب + جر) حتى عندما يتغير سمك جدران المسبوكات فى حدود واسعة . و يمتاز بهذه الخاصية بدرجة اكبر الزهر البيرليتى المحتوى على نسبة منخفضة من C + Si، اذ ان المنطقة البيرليتية (2) بالرسم البيانى فى الشكل السابق اعرض عند جزئها الاسفل .

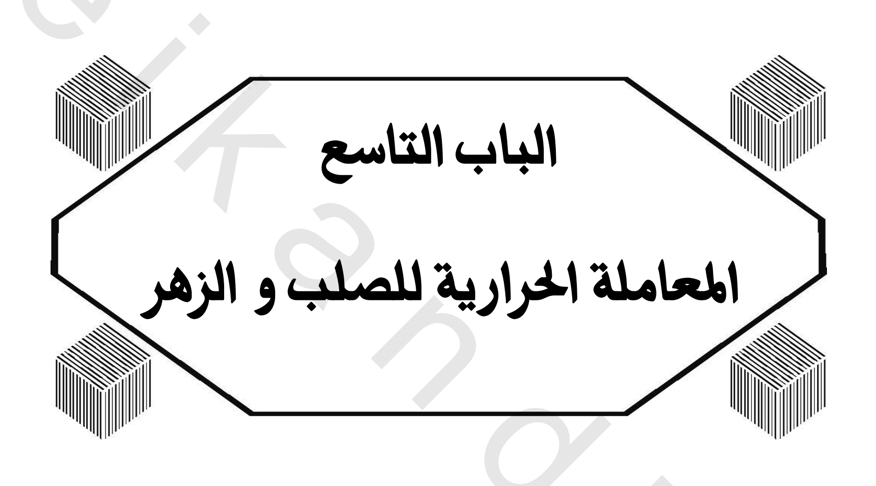
الماركة	المقاومة القصوى عند الشد، كجم/مم2	المقاومة القصوى عند الثنى، كجم/مم2	مدى الترخيم عند الثنى ،مم . عندما تكون المسافة بين نقط تحميل العينة 600	300	المقاومة القصوى عند الضغط، كجم/مم2	رقم الصلادة البرينلى HB
Cγ 00			لا يختبر			
Cγ 12-18	12	18	6	2	50	229 -143
Cγ 15-32	15	32	7	2	65	229 -163
Cγ 18-36	18	36	8	2	70	229 -170
Cγ 21-40	21	40	8	2	75	241 -170
Cγ 24-44	24	44	9	3	85	241 -170
Cγ 28-48	28	48	9	3	100	241 -170
Cγ 32-52	32	52	9	3	100	241 -197
Cγ 35-56	35	56	9	3	120	248 -197
Cγ 38-60	38	60	9	3	130	262 -207

جدول (6)

ملحوظة : يعتبر النوعان Cγ 35 – 56 , Cγ 38 – 60 من الزهر الرمادى المعدل

و يرمز الزهر الرمادى بأرقام حرفية عددية، فالحرفان $C\gamma$ يعنيان زهر رمادى ،اما الرقمين الاخرين فيبين الاول منهما المقاومة القصوى عند الشد و الثانى المقاومة القصوى عند الثنى . وعلى سبيل النثال فان الماركة $C\gamma\ 21-40$ تدل على ان هذا الزهر ذو مقاومة قصوى = 21 كجم/مم2، ثنى = 40كجم/مم2

(حسب المواصفات القياسية السوفييتية) .



الباب التاسع

المعاملة الحرارية للصلب و الزهر



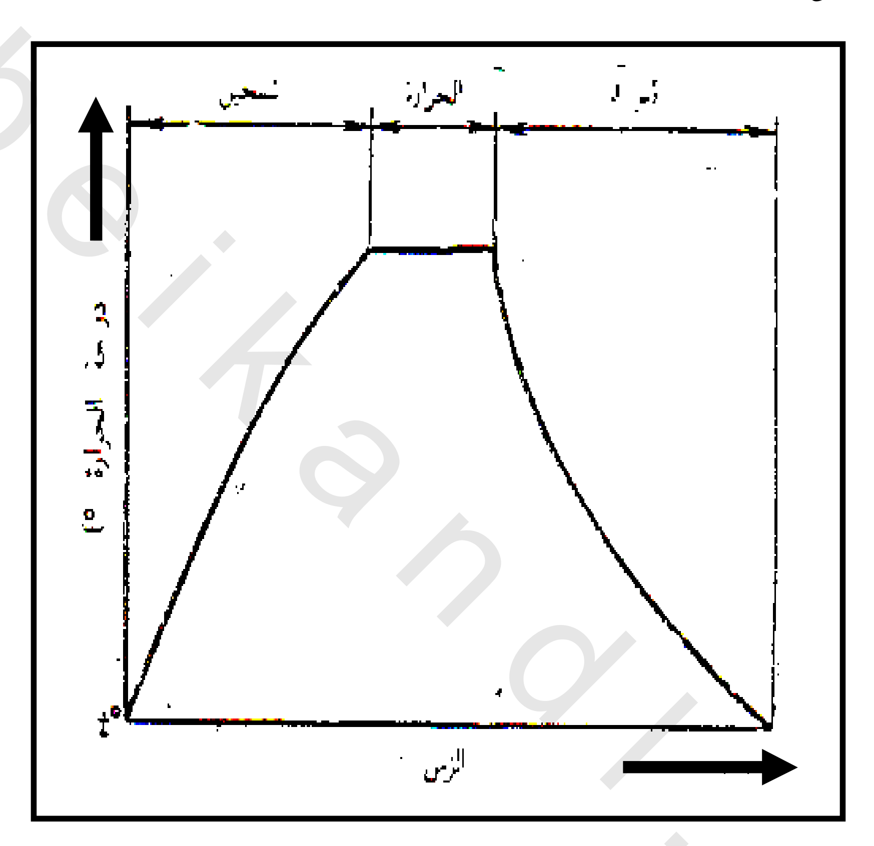
1- أسس المعاملة الحرارية :

المعاملة الحرارية هى مجموعة عمليات تسخين السبائك المعدنية فى الحالة الصلبة و ابقائها عند درجة حرارة ثابتة، ثم تبريدها بغرض تغيير بنيتها و اعطائها الخواص الطبيعية و الميكانيكية المطلوبة .

و تعامل الاجزاء النصف مجهزة (كالمسبوكات و الخامات المستعملة لتجهيز الاجزاء و المطروقات) معاملة حرارية للخفض من صلادتها و تحسين قابليتها للتشغيل، ولاعداد البنية للمعاملة الحرارية النهائية، كما تعامل الاجزاء الجاهزة و الألآت لمنحها الخواص النهائية المطلوبة، ويمكن تغيير خواص السبائك بواسطة المعاملة الحرارية فى حدود واسعة ، فعلى سبيل المثال يمكن رفع صلادة الصلب الابتدائية من HB = 150 ÷ 200 بواسطة التصليد الى HB=600 ÷ 650، كما يمكن بواسطة المعاملة الحرارية المناسبة زيادة مقدار الاستطالة النسبية (δ) و مقاومة الصدمات (ak) و المقاومة القصوى (σB) الى حد كبير . و تسمح امكانية رفع الخواص الميكانيكية للمعادن بشكل ملموس بواسطة المعاملة الحرارية بزيادة الاجهادات المسموح بها و انقاص ابعاد و وزن الاجزاء مع احتفاظها بمقاومتها و متانتها و الاعتماد عليها فى الاستعمال، بل و حتى مع تحسين هذه الصفات فى بعض الاحيان .

وقد وضع أسس نظرية المعاملة الحرارية العالم الروسى د. ك. تشرنوف، الذى اكتشف النقط الحرجة لتحول الصلب b (A3) d MH، a (A1) . كما توصل العلماء السوفييت الى نجاح كبير فى اتقان الوسائل التكنولوجية المعروفة و اختراع وسائل جديدة للمعاملة الحرارية للصلب و المعادن غير الحديدية .

درجة الحرارة و الزمن هما العاملان الاساسيان اللذان يحددان سير عملية المعاملة الحرارية . و لهذا فان اى عملية من عمليات المعاملة الحرارية يمكن تمثيلها بيانيا على احداثيات درجة الحرارة و الزمن (شكل 54) .



شكل رقم 54 ، رسم تخطيطى للمعاملة الحرارية للصلب

وقد اصطلح على تسمية النقط الحرجة للصلب : عند التسخين AC1 (السفلى)، AC3 (العليا)، و عند التبريد Ar1 (السفلى)، Ar3 (العليا) (شكل 56) .

Ac1 (723º) هى درجة حرارة تحول البيرليت الى اوستنيت و بدء تحول الفيريت الى اوستنيت، Ac3 هى درجة حرارة نهاية تحول الفيريت الى اوستنيت، Ar1 هى درجة حرارة تحول الاوستنيت الى بيرليت (وهى اقل من 723º)، Ar3 هى درجة حرارة بدء افراز الفيريت من الاوستنيت، Acm وهى درجة حرارة بدء افراز السمنتيت الثانوى من الاوستنيت عند التبريد ، و هى كذلك درجة انتهاء ذوبان السمنتيت الثانوى فى الاوستنيت عند التسخين .

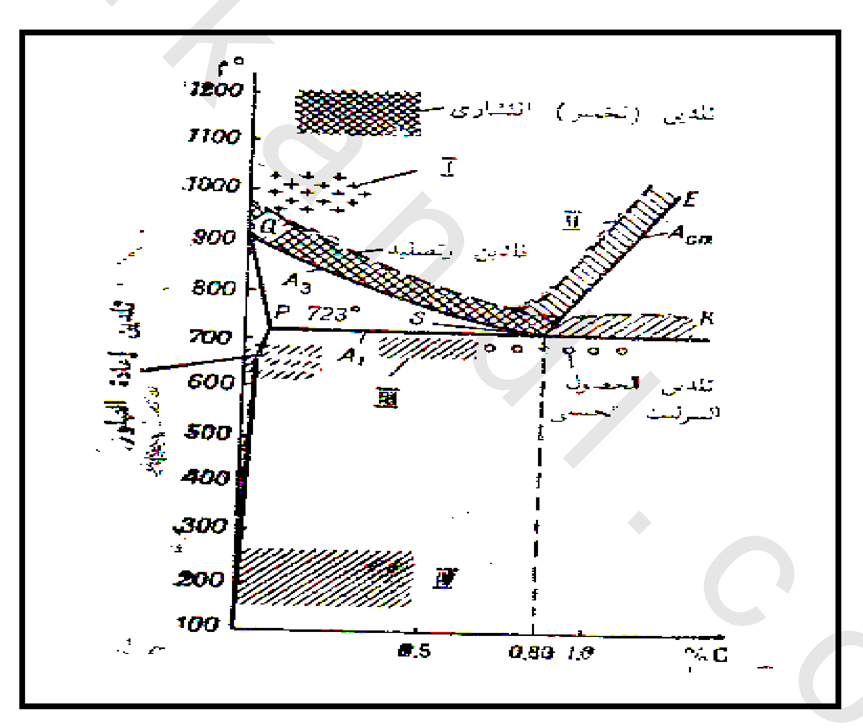
2- **تحولات الصلب عند التسخين** :

من الشكل التالى (55) نرى ان بنية الصلب قبل اليوتكتويدى تتكون اسفل درجة الحرارة اليوتكتويدية Ac1 من الفيريت و البيرليت، فى حين تتكون بنية الصلب اليوتكتويدى من البيرليت، و بعد اليوتكتويدى من البيرليت + السمنتيت .

ويعنى هذا ان البنية الابتدائية لهذه الانواع عبارة عن خليط من طورين هما الفيريت و السمنتيت . و عند عبور النقطة الحرجة Ac1 يبدأ التحول الطورى

$\alpha \longrightarrow \gamma$ و ذوبان السمنتيت فى حديد – γ مع تكون الاوستنيت . و تتكون بنية الصلب قبل اليوتكتويدى فى مدى درجات الحرارة من Ac1 الى Ac3 من الفيريت و الاوستنيت المتغير التركيز، مع ملاحظة حدوث التحول الطورى السابق بارتفاع درجة الحرارة (اى تحول الفيريت الى اوستنيت) . و بالمثل فان الاوستنيت الذى يتكون فى الصلب بعد اليوتكتويدى بتحول البيرليت عند درجة Ac1 يذيب مع استمرار تسخين السمنتيت الثانوى الزائد . و تتكون بنية الصلب فوق فوق نقطة Acm من طور واحد هو الاوستنيت . و يذوب كذلك افيريت

فى الاوستنيت عند ارتفاع درجة الحرارة فى الصلب قبل اليوتكتويدى بعد اتمام تحول البيرليت الى اوستنيت و عند الوصول الى درجة الحرارة Ac3 الموجودة على الخط GOS نحصل على بنية وحيدة الطور من الاوستنيت الخالص . اما فى الصلب بعد اليوتكتويدى فان السمنتيت الثانوى يذوب فى الاوستنيت عند ارتفاع درجة الحرارة، فنحصل عند الوصول الى درجة Acm الموجودة على الخط SEعلى بنية وحيدة الطور من الاوستنيت . وبهذا فان تسخين اى نوع من انواع الصلب اعلى من الخط GSE يؤدى الى تحوله الى الحالة الاوستنيتية و و يؤدى استمرار التسخين فوق الخط GSE الى نمو حبيبات الاوستنيت .



شكل رقم 55 ، جز الصلب ببيانى الحديد - الكربون و مبينة به درجات الحرارة المثلى للتسخين لمختلف عمليات المعاملة الحرارية .

1- استعدال عالى . 2- استعدال .3- مراجعة عالية .4- مراجعة .

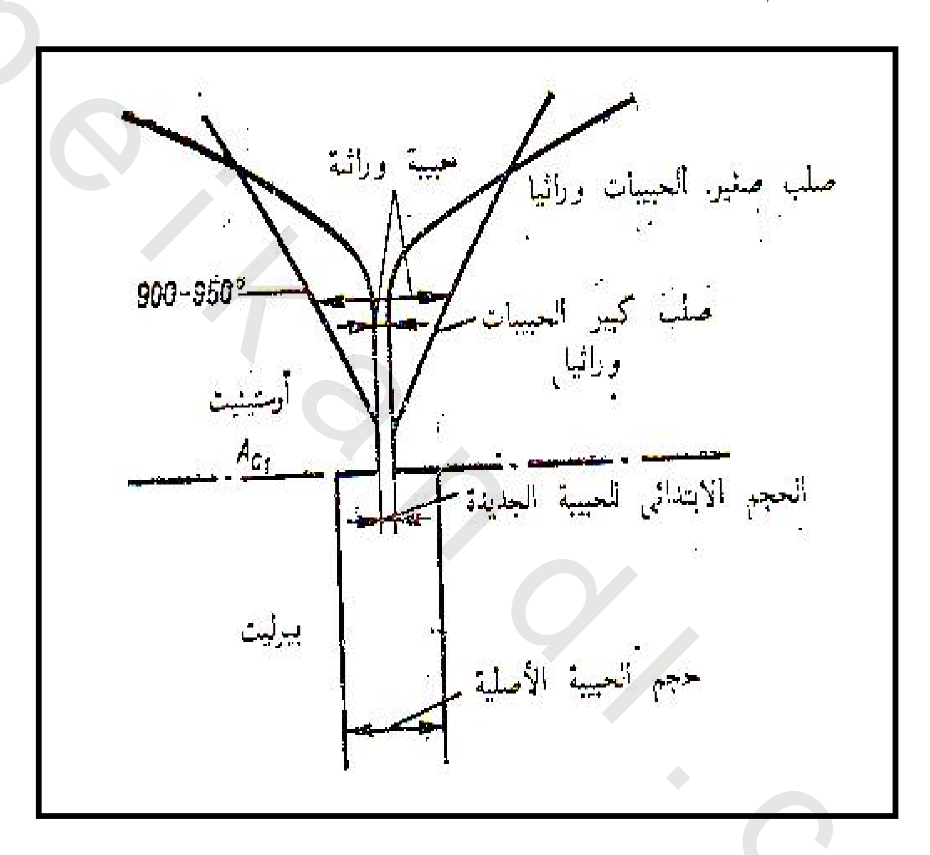
نمو حبيبات الاوستنيت :

يصحب تحول البيرليت الى الاوستنيت تكون الاوستنيت دقيق الحبيبات، و فى درجات الحرارة الاعلى من النقطة الحرجة Ac1 تنمو حبيبات الاوستنيت بدرجة تزداد كلما زادت درجة حرارة التسخين و ابقائها فيها ، و من الثابت ان نمو حبيبات الاوستنيت يجرى فى بعض انواع الصلب عند درجة حرارة لا تزيد الا قليلا عن النقطة الحرجة Ac1 . و قد اصطلح على تسمية هذه الانواع (كبيرة الحبيبات بالوراثة) و فى انواع اخرى من الصلب يحتفظ الصلب بحبيبات دقيقة للاوستنيت عند التسخين لدرجات حرارة عالية ، و تسمى هذه الانواع من الصلب (صغيرة الحبيبات بالوراثة) و يقصد بصغر او كبر الحبيبات الوراثى ميل حبيبات الاوستنيت الى النمو .

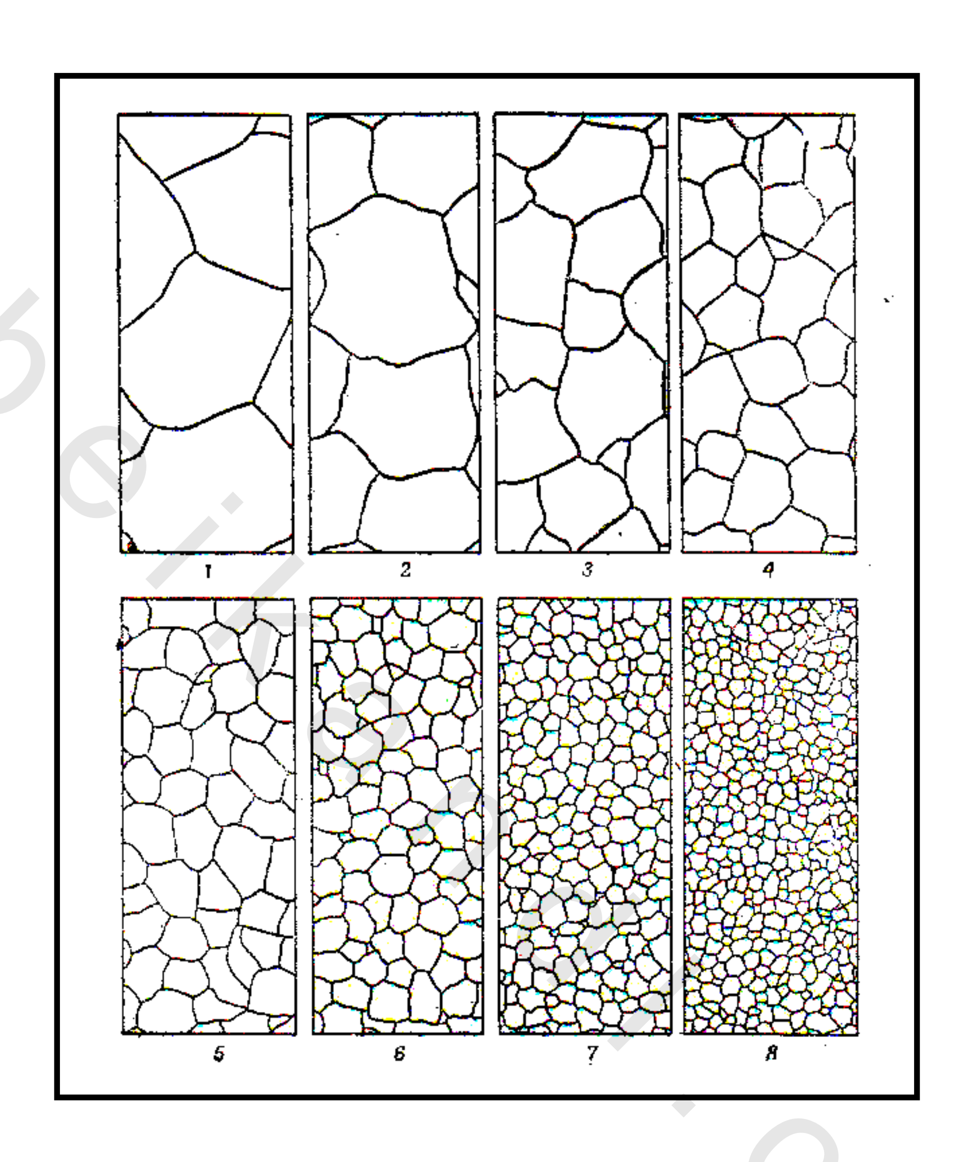
والشكل التالى (56) عبارة عن شكل تخطيطى لتغير ابعاد حبيبات الصلب الصغير الحبيبات و الكبير الحبيبات بالوراثة . و يحصل على الصلب الصغير الحبيبات بالوراثة بتعديل الصلب بالالومنيوم او الفاناديوم او التيتانيوم، و تكون هذه العناصر مركبات ثابتة على شكل AIN ، TiO_2 ، V_2O_5 ، Al_2O_3 تخلق انوية للتبلور و تعوق نمو الحبيبات .

ويجب ان نميز بين الحبيبات الوراثية و الحبيبات الفعلية التى نحصل عليها نتيجة للعمليات المختلفة للمعادلة الحرارية ، و تتوقف الخواص الميكانيكية للصلب و على الاخص الخواص التى تبينها نتائج الاختبارات الاستاتيكية على الحبيبات الفعلية فى المقام الاول و يعين حجم الحبيبات بمقارنة بنية الصلب تحت الميكروسكوب بتكبير مائة ضعف بالحجم القياسى للحبيبات المتخذة اساسا فى المواصفات القياسية

السوفييتية . و تدل الارقام 8,..., 3, 2, 1 على رقم الحبيبات . و قد بنى هذا المقياس على اساس العلاقة N – 82 × 500 = f حيث ان f – مساحة الحبيبة بالميكرون المربع، N – رقم الحبيبات حسب المواصفات القياسية . و تعتبر الحبيبات من رقم 1 الى رقم 4 كبيرة، اما الحبيبة رقم 5 و مل يليها فتعتبر حبيبات صغير .



شكل رقم 56 ، رسم تخطيطى لنمو الحبيبات بالصلب الكبير الحبيبات و الصغير الحبيبات بالوراثة عند التسخين الى درجة اعلى من Ac1 .



شكل رقم 57 ، المقاسات القياسية للحبيبات حسب المواصفات القياسية السوفييتية (× 100)

4- **تحولات الصلب عند تبريده** :

الاوستنيت ثابت عند درجة الحرارة الاعلى من الخط GSE فقط (شكل 55) و عند التبريد الى درجات حرارة اسفل من ذلك يبدأ فى التحول، و تتوقف سرعة التحول و كيفيته على درجة تجاوز التبريد .

1- **تحول الاوستنيت عند درجة حرارة ثابتة (التحول الايزوثرمى) :**

بشكل (58، a) رسم بيانى لتحول الاوستنيت عند درجة حرارة ثابتة، و ه1ا الرسم البيانى منشأ بين احداثيات الزم – درجة الحرارة، و قد اخذت احداثيات الزمن على المحور الافقى بالمقياس اللوغاريتمى 1، 10، 100، 1000، 10000 ثانية .. الخ، فى حين اخذت احداثيات درجة الحرارة على المحور الرأسى بالدرجات ^{o} م . و يحد الرسم البيانى من اعلى الخط المنقط A1، و من اسفل الخطوط المنقطة لدرجتى حرارة بدء و نهاية التحول المرتنسيتى MK,MH.

و قد اوردنا على سبيل المثال منحنيات التحول الايزوثرمى بالعينات فوق الرسم البيانى لتحول الاوستنيت . و يمكن الحصول على هذه المنحنيات بواسطة الانيزمتر المغناطيسى ابتداء من درجات الحرارة 700 و 600 و 400 ^{o} م (و تؤخذ القراءات كل 50 ^{o} م) و تؤخذ على هذه المنحنيات النقط التالية :

1) نقط بدء التحول H .　　　　2) نقط انتهاء التحول K .

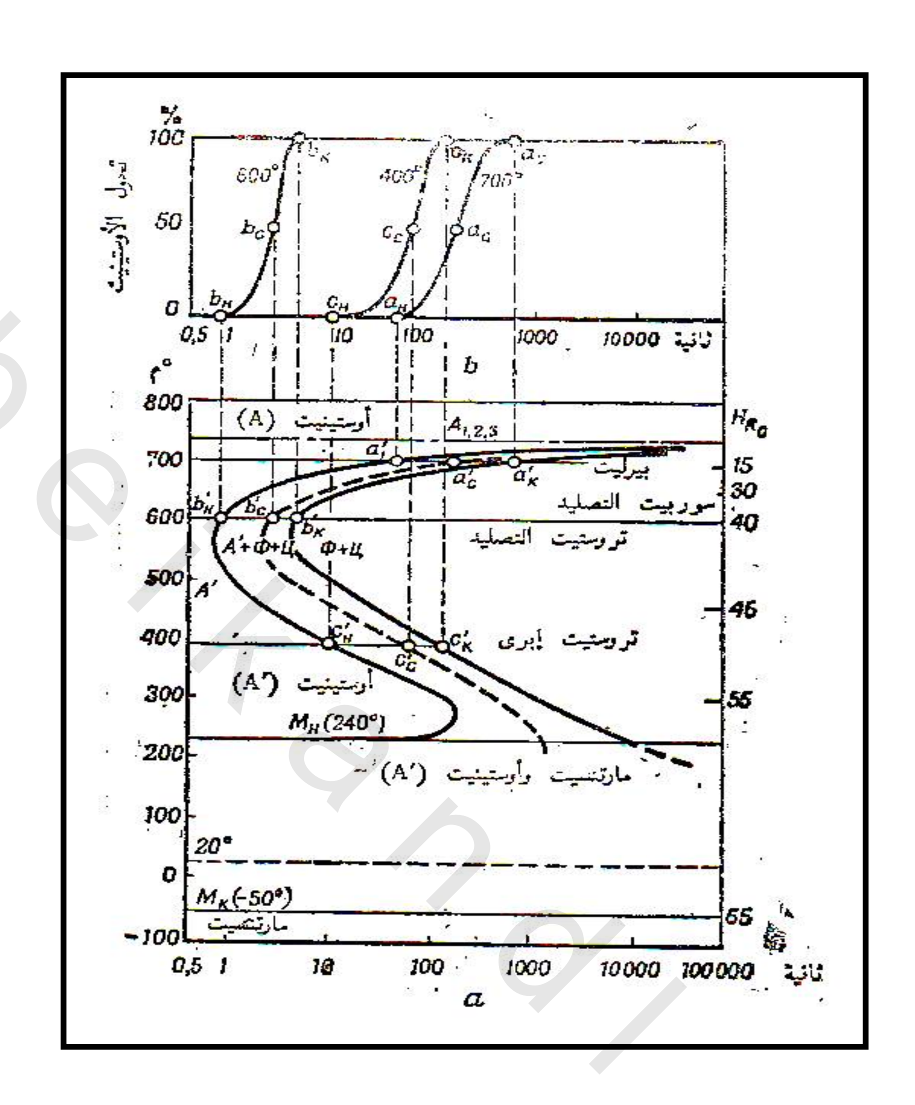
و بهذا نحصل على عدد معين من النقط تبين بداية و نهاية التحول الكامل . و بتوصيل جميع النقط H بمنحنى مستمر نحصل على منحنى بدء التحول، و بتوصيل النقط K بمنحنى مستمر نحصل على منحنى نهاية تحول الاوستنيت .

و يتحول الاوستنيت تحت درجة الحرارة المارتنستية MH الى مارتنسيت، و سنبحث هذا على حدى فيما بعد .

و تظهر على بيانى التحول الايزوثرمى للاوستنيت المناطق التالية :

يكون الاوستنيت (A) فوق درجة الحرارة A1 ثابتا ، وتوجد بين النقطتين A1و Mσ ثلاث مناطق : 1)على يسار البيانى –المنطقة من بداية الاحداثيات حتى منحنى بدء التحول وبها اوستنيت متجاوز التبريد (و يرمز له بـ 'A) المنطقة بين منحنيى بداية و نهاية التحول و يكون بها الاوستنيت قد بدأ تحوله وما زال مستمرا (و يرمز لهذا بـ 'A + Φ + Ц) المنطقة على يمين منحنى انتهاء التحول و يكون التحول قد تم كلية بها (و يرمز لها بـ Ц + Φ) .

و يتعقد بيانى الصلب قليلا قبل اليوتكتويدى نظرا لظهور منحنى آفراز الفيريت و الاوستنيت، و كذلك بعد اليوتكتويدى لظهور منحنى أفراز الكربيد و يقع قبل الجزء العلوى من منحنى البدء .



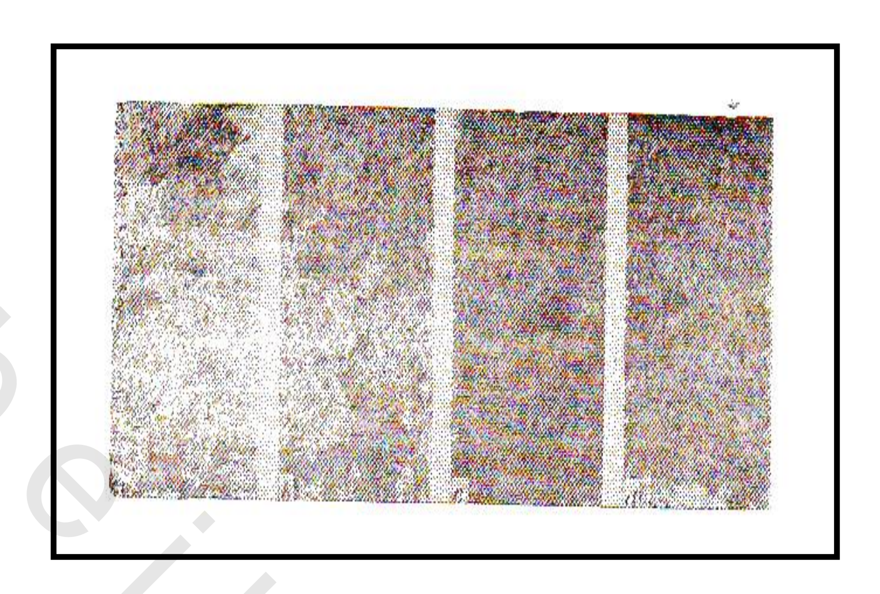
شكل رقم 58 ، بيانى التحول الايزوثرمى للاوستنيت بالصلب اليوتكتويدى

2- **التحول البيرليتى** :

تتكون نتيجة للتحول الايزوثرمى عند درجة حرارة 710° بنية من البيرليت الكبير الرقائق Ц + Ф (شكل 59، a) صلادته Rc = 15 بانقاص درجة حرارة التحول الايزوثرمى الى 650° مثلا، تصبح رقائق البيرليت دقيقة الى درجة بصعب معها تمييزها تحت الميكروسكوب البصرى (شكل 59، b) و تسمى هذه البنية عادة بسوربيت التصليد و صلادته Rc نحو 30 . و يكون الاوستنيت المتجاوز التبريد عند درجة 550° بيرليتا تنتشر به رقائق السمنتيت انتشارا شديدا و يسمى مثل هذا البيرليت بتروستيت التصليد (شكل 59، c) . و يمتاز التروستيت بصلادة عالية (Rc = 40) نظرا لانتشار السمنتيت به، و يتكون بالجزء السفلى من بيانى التحول الايزوثرمى للاوستنيت التروستيت الابرى (شكل 59، d) الذى يتكون من رقائق من السمنتيت المعلق فى فيريت مشوه الشبكة، و صلادته Rc = 50 .

و هكذا فان الاوستنيت (C) Feγ تجرى به نظرا لتجاوز التبريد عملية تحول

$\gamma \longrightarrow \alpha$ و انتشار يتكون بعدها بيرليت على شكل خليط مزدوج الطور : فيريت + سمنتيت يختلف به انتشار السمنتيت .



شكل رقم 59 ، عائلة البيرليتات :

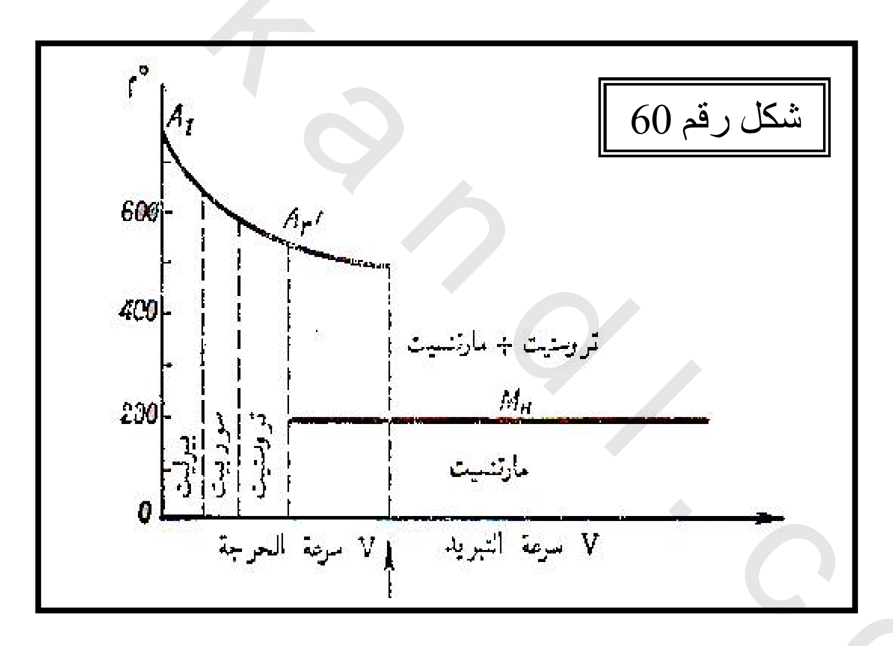
a) بيرليت كبير الرقائق . b) بيرليت صغير الرقائق . c) سوربيت التصليد . d) تروسيت ابرى .

3- تحول الاوستنيت عند التبريد المستمر :

يمكن عند المعاملة الحرارية للصلب الحصول على نفس البنيات النموذجية الناتجة عند التحول الايزوثرمى و ذلك بتبريده تبريدا مستمرا مع التحكم فى سرعة التبريد . و على سبيل المثال فان النقطة الحرجة A1 تنخفض فى الصلب اليوتكتويدى عند تبريده تبريدا مستمرا بسرعة 1° / دقيقة الى A2 = 710° و يتكون به بيرليت كبير الرقائق صلادته Rc = 15 . و بزيادة سرعة التبريد الى 1° / ثانية يصبح البيرليت المتكون دقيق الرقائق و تزداد صلادته، و لو زادت سرعة التبريد الى 50° / الثانية انخفضت درجة التحول الى Ar' = 600° و لتحول الاوستنيت الى تروستيت تصليد بصلادة Rc = 40 . و عند سرعات التبريد الاعلى من 150 ° / ثانية تصل النقطة الحرجة الى

240^o و يبدأ الاوستنيت Feγ (C) فى التحول الى مارتنسيت Feα (C) دون انتشار .

و يبين الرسم البيانى (شكل 60) تأثير سرعة التبريد على انخفاض النقطة الحرجة Ar1 فى الصلب اليوتكتويدى . و يمثل المنحنى العلوى 'Ar اوستنيتا متجاوز التبريد و تحوله الى خليط من الفيريت و السمنتيت . و بازدياد سرعة التبريد تزداد درجة تجاوز التبريد و تصبحنواتج التحلل اكثر تناثرا . وكما نرى من الرسم فانه يظهر عند السرعات الكبيرة بالاضافة الى النقطة 'Ar خط يمثل النقطة MH - اى بدء تكون المارتنسيت .



شكل رقم 60

4- **التحول المارتنسيتى** :

عند سرعات التبريد الاعلى من 150^o / ثانية تختفى النقطة العليا 'Ar (شكل 60) ويبدأ الاوستنيت Feγ (C) فى التحول دون

انتشـــار الى مارتنســيت $Fe\alpha(C)$ و يختلــف هــذا التحــول عــن تحــول الاوستنيت الى بيرليت بان هذا الاخير يصحبه انتشار .

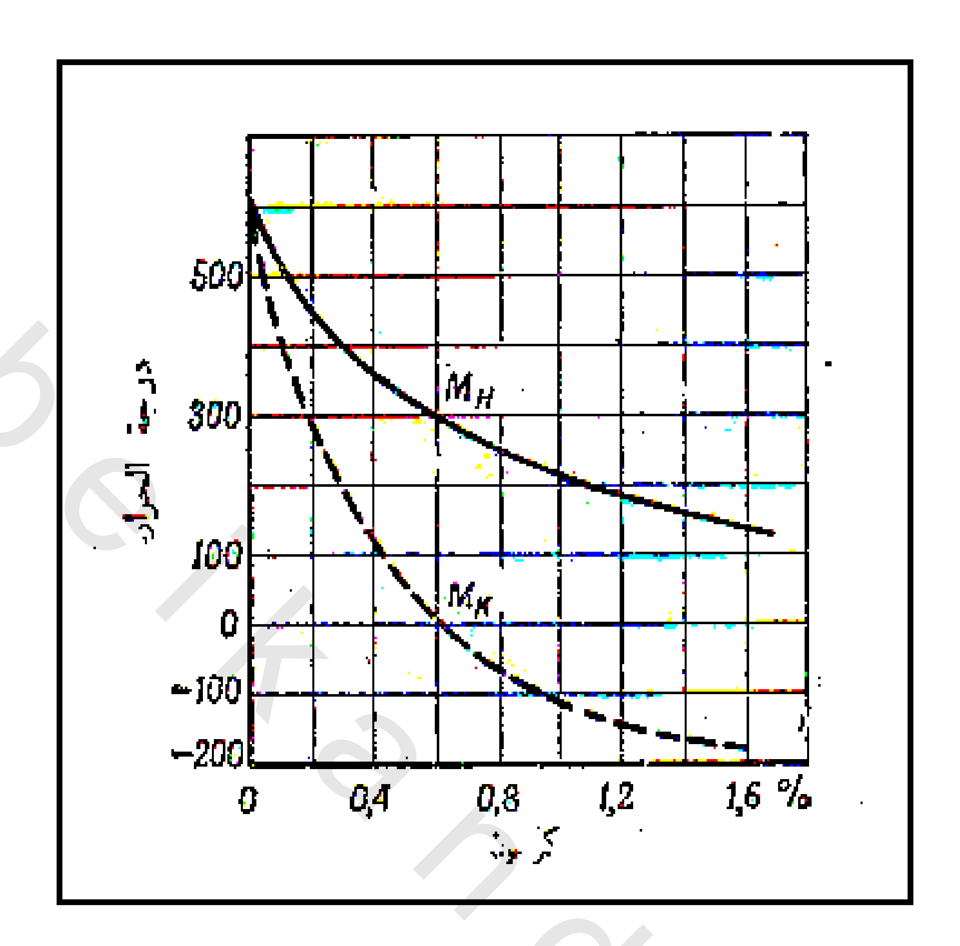
5- **السرعة الحرجة للتصليد** V :

هى اصغر سرعة لتبريد الصلب تلزم لكى يصل تجاوز تبريد الاوستنيت الى نقطة المارتنسيت MH (شكل 58) . و تتوقف قيمتها على التركيب للاوستنيت : فزيادة نسبة الكربون به حتى 0.8٪ تخفض السرعة الحرجة كما تنخفض هذه السرعة عند وجود عناصر اشابة سبيكية بالاوستنيت .

و قد أثبت ن. ت. جودتسوف و غ. ف. كورديوموف و ن. ى. سلياكوف سنة 1927 بالتحليل باشعة رونتجن ان المارتنسيت عبارة عن محلول صلب مشبع جدا بالكربون فى حديد – α – $Fe\alpha\ (C)$ ذى شبكة رباعية بدلا من ان تكون مكعبية ، و تزداد نسبة الشكل الرباعى

$$1 > \frac{c}{a}$$

بزيادة نسبة الكربون بالمارتنسيت . و المارتنسيت ذو بنية ابرية فاتحة ، شديدة الصلادة (62 Rc – 66) و القصافة ، و تتوقف هاتان الخاصيتان على نسبة الكربون به . و يتم تحويل المارتنستى فى الفترة ما بين درجتى الحرارة MH-MK (**شكل 61** ، b) ولا يتوقف مكانهما على سرعة التبريد و انما على نسبة الكربون بالاوستنيت .



شكل رقم **61** ، بنيان الصلب اليوتكتويدى المصلد :

تأثير كمية الكربون بالصلب على درجة حرارة بداية **MH** و نهاية **MK** التحول المارتنسيتى

4- **تلدين** (**تخمير**) **و استعدال الصلب** :

تلدين (تخمير) الصلب هو احد اشكال المعاملة الحرارية له، ويتركب من عمليات تسخين المعدن الى درجات حرارة معينة (شكل55)، و ابقائه عند هذه الدرجات لفترة معينة، ثم تبريده تبريدا بطيئا . و الغرض من التلدين هو الحصول على بنية مستقرة و ازالة

الاجهادات المتبقية و ما يتبع ذلك من تحسين الخواص الميكانيكية و التكنولوجية للمعدن . و هناك انواع مختلفة من التلدين :

1) التلدين التام . 2) التلدين غير التام . 3) التلدين الايزوثرمى . 4) التلدين للحصول على بيرليت حبيبى . 5) التلدين الانتشارى . 6) التلدين لاعادة التبلور .

1) التلدين التام :

و يستعمل عادة للصلب قبل اليوتكتويدى و يتلخص فى تسخين الصلب الى درجة اعلى من درجة Ac3 ، اى اعلى بنحو 30 – 50 ^{o} من الخط GS (شكل55) و ابقائه عند هذه الدرجة ربع مدة التسخين، ثم تبريد ببطء حتى درجة 400 - 500^{o} و يبرد الصلب الكربونى بسرعة 100 – 200 ^{o} / ساعة، اما الصلب السبائكى فيبرد بسرعة 50 – 60 ^{o} / ساعة .

ويمكن ان يجرى التبريد التالى لذلك فى الهواء، و تحدث عند التلدين التام للصلب اعادة تبلور الاطوار، و يتكون صلب صغير الحبيبات من الصلب الكبير الحبيبات . وفيما يلى المعدلات التقريبية لمدة تسخين الاجزاء الاسطوانية، و تشمل مدة الابقاء عند درجة الحرارة العليا :

- فى الفرن فى درجة 600^{o} .... 100 ثانية لكل ملليمتر من القطر .
- فى الفرن فى درجة 800^{o}............ 100 ثانية لكل ملليمتر من القطر.

- فـى الملـح فـى درجـة 800^o .... 100 ثانيـة لكـل ملليمتر مـن القطر.
- فـى الرصـاص فـى درجـة 800^o........ 100 ثانيـة لكـل ملليمتر مـن القطر.

وتزداد هذه المدد عند تسخين الاجزاء ذات المقطع المربع بمقدار 1.5 مرة كما تزداد عند تسخين الرقائق مرتين .

2) التلدين غير التام :

و يتلخص فى تسخين الصلب الى درجة اعلى من Ac1 و لكنها اقل من Ac3 ، وابقائه عند هذه الدرجة لفترة ما ، ثم تبريده بمثل مايتبع عند التلدين التام . و يستعمل هذا النوع من التلدين عند ازالة الاجهادات المتبقية بدلا من التلدين التام لخفض نفقات التلدين، كما يستعمل فى بعض الحالات لتحسين قابلية الصلب للتشغيل .

3) التلدين الايزوثرمى :

و به يسخن الصلب كما فى حالة التلدين التام الى درجة GSK + (30- 50^o) ويبقى عندها لفترة ما ثم يبرد بسرعة نسبيا الى درجة اقل من Ar1 (630- 700^o) مع بقائه عندها حتى يتم تحليل الاوستنيت، و بعد ذلك يتم تبريده فى الهواء و يسمح التلدين الايزوثرمى باختصار دورة التلدين بالمقارنة مع التلدين المعتاد مرتين تقريبا .

4)التلدين للحصول على بيرليت حبيبى :

يستعمل للصلب اليوتكتيدى وبعد حيث يسخن الصلب الى درجة اعلى قليلا من Ac1 (شكل 55) ويبقى عندها مدة طويلة، ثم يبرد ببطء الى درجة اقل من Ar1 ويبقى عندها لفترة ما ، ثم يسخن مرة

اخرى الى درجة اعلى من Ac1 ويبقى عندها مدة طويلة، ثم يبرد ببطء الى درجة اقل من Ar1، ثم يبرد فى الهواء . و نتيجة لهذه العمليات تتخذ الكاربيدات شكلا حبيبيا (مستديرا) . و الغرض من مثل هذا التلدين هو انقاص صلادة الصلب و تحسين قابليته للتشغيل.

5) التلدين الانتشارى (التلدين الصناعى) :

و يستعمل لمعادلة التركيب الكيميائى للصلب الذى يوجد به انعزال داخل البلورات . يسخن الصلب الى 1000 – 1150 º (شكل 55) و يبقى عندها لمدة 8 – 15 ساعة . و يؤدى التلدين الانتشارى الى تكون بنية كبيرة الحبيبات، مما يستوجب تلافى هذا العيب باعادة تلدين الصلب للحصول على حبيبات صغيرة (بتلدينه تلدينا تاما)

6) التلدين لاعادة التبلور :

و تعامل به المعادن التى دلفنت او سحبت او كسبت على البارد . و يسخن المعدن فى هذه الحالة الى درجة اقل من درجة التحول الطورى و لكنها اعلى من درجة اعادة التبلور. ويقول أ. أ. بوتشفار بان درجة اعادة التبلور المطلقة $T = 0.4\ t$ انصهار المعدن (ومن هذا نجد ان درجة اعادة التبلور للحديد نحو 450º و للنحاس 270 º و للالومنيوم 150 º) و يزال نتيجة لمثل هذا التلدين تصلد المعدن نتيجة لتشغيله على البارد و تنخفض صلادته و مقاومته فى حين ترتفع لدونته مثل الاستطالة النسبية ومقاومته الصدمات (رقم أيزود) .

استعمال الصلب :

يسمى تسخين الصلب الى درجة اعلى من الخط GSE (شكل 55) بنحو 30 – 50 º، وابقاؤه عند هذه الدرجة كما هو

الحال بالتلدين ثم تبريده فى الهواء بالاستعدال . و يخفض الاستعدال من حجم حبيبات البيرليت وتقضى الاستعدال من حجم حبيبات البيرليت و تقضى على شبكة السمنتيت فى الصلب بعد اليوتكتويدى و تحسن الخواص الميكانيكية للصلب .

و يستعمل الاستعدال بالصناعات الهندسية الحديثة على نطاق اوسع من التلدين، و ذلك لانه اعلى انتاجية منه و يعطى نتائج أحسن .

5- تصلد (تقسية) الصلب

الغرض من التصلد (التقسية) هو الحصول علي صلادة أو متانة عالية بالمصنوعات، وعند التصلد يبرد الأستنيت الناتج عن التسخين الصلب إلي درجة حرارة التصلد تبريدا متجاوزا (شكل 55) إلي درجة الحرارة اللازمة فيتحول إلي مارتنستيت أو سوربيت.

ويكون تسخين الصلب في هذه الحالة بنفس طريقة تسخين الصلب أثناء التلدين

وسيط التصلد : يحسن أن يقوم وسط التصلد بتبريد الصلب تبريدا سريعا في مدي درجات الحرارة الذي يكون فية الأوستنيت غير مستقر (600 ـ 550°) وببطء في مديث التحول المارتنسيتي (200 ـ 300 °) حتي لا يسبب أى أجهادات في الصلب .

ويستعمل الماء عمليا لتصلد الأجزاء المصنوعة من الصلب الكربوني ذي السرعة الحرجة العالية للتصلد . ويقوم الماء بتبريد الجزء بشدة في مدي درجات الحرارة من 550 ـ 600°، ولكنة يستمر في تبريدة بشدة في منطقةالتحول المارتنسيتي (200 ـ 300 °) ويعد هذا عيبا للماء كوسط للتصلد ، ويمتاز الزيت كوسط بميزة حسنة

وهـي عـدم تأثـرة بدرجـة الحـرارة مطلقـا ، فالزيت عند درجـة 20°م يقـوم بالتصـلد تمامـا كمـا يقـوم بـة عندمـا تكـون درجـة حرارتـة (150ـ 200°م) .

طرق التتصلد

هنـاك عـدد مـن طرق التصـلد تستعمـل عمليـا حسب تركيب الصـلب وشـكل الجـزء والصـلادة المطلـوب الحصـول عليهـا . كمـا يمكـن أن يكـون التصـلد تامـا إو غيـر تألما حسب درجـة التسخين .

الصلد التـام :

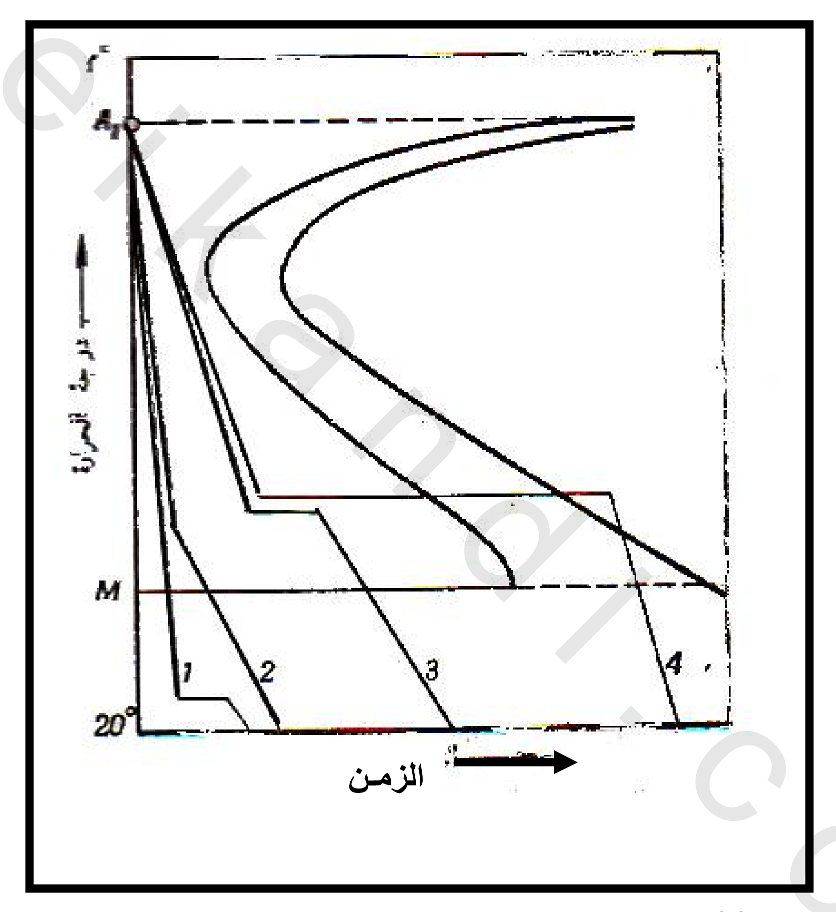
ويستعمـل للحصـول علـي حـالة وحيـدة الـطور بالصـلب وهـي الأستيب وذلك بتسخيتة أعلي من الخط GSE في(الشكل 55) ثـم تحويلة إلي بنيـة من المـارتنسية .

التـصلد غـيـر التـام :

يتم بتسخين الصلب إلي أعلي مـن الخط PSK ولكـن تحت الخط GSE (شـكل 55) وتتـكون نظـرا للتـبريد بالسـرعـة الحـرجـة للتصـلد بنيـة مـن الفـيريت والمـارتنسـيت بالصـلب قبـل اليوتكتـويدي ومن المـارتنسيت المحتوي علي اليسـمنتيت بالصـلب قبـل اليوتكتـويدي ومـن المـارتنسـيت المحـتوي علـي السـمنتبت الثـانوي بالصـلب بعـد البـوتكتويدي .

ويجـب أن يستعمـل للأجـزاء المصنوعـة مـن الصـلب قـبل اليوتكتـويدي التصـلد التـام لتجـنب أحتوائهـا عـتي الفيـريت وعلـي العكس من ذلك يجب أستعمـال التصـلد غيـر التـام للآلات المصنوعـة مـن الصـلب بـعد اليوتكتـويدي لأن إحتواءهـا علـي السـمنتيت الثـانوي

بالمارتنسيت لا ينقص من صلادتهأ بل يزيد منها في حين أن التصلد التام مع التسخين فوق الخط ES (شكل 55) يعني تسخين الأوستنيت أكثر من الازم مما يخفض من الصلادة نظرا لذوبان السمنتيت الثانوي ونموحبيبات الأوستنيت وظهور الأوستنيت المتبقي بالآلة بعد تصلدها 0ويمكن حسب ظرةف التبريد أن يكون التصلد :
1) في مبرد واحد ، 2) متقطعا ، 3) متدرجا



شكل **62** ـ منحنيات التبريد عند التصلد بطرق مختلفة مرسومة علي بياني التحتلل الأيزوترمي للاوستنيت (أ- ي، جوليايف)

1- تصلد في مبرد واحد – **2** ـ تصلد متقطع (تصلد في وسطين)

3- تصلد متدرج **4**. تصلد أيزوثرمي

1- الصلد في مبرد واحد :

وهــو أبســط الطــرق وأكثرهــا أستعمــالا (شــكل 62 المنحني 1) وبة يغمر الجزء المسخن إلي درجة حرارة التصلد في سائل التبـريد (الصلـب الطربـوني في المـاء والصلـب السـبائكي في الزيـت) ويبقـي بة حتي تمـام التبريد وهـذه الطـريقـة بسيطة ولكنهـا قـد تسـبب كثيـرا مـن الإجهـادات الداخلية .

2- التصلد المتقطع :

أو التصلـد في وسـطين، ويسـتعمـل لتجـنب حـدوث أجهـادات داخليـة بالجـزء (62 المـنحني 2) وفيـث هـذه الطريقـة يبـرد الجـزء المسخن حتي درجة الحـرارة الازمـة أولا بشـدة في المـاء حتي درجة (300ـ 350^{o}) ثـم بنقـل بعـد ذلـك إلـي الزيت أو الهـواء لتبـردة ببطـء في مـدي التحـول المـارتنسيتي، وعيب هذه الطريقـة هـو صعوبة التحكـم في زمـن إبقـاء الجـزء في المـاء .

3- التصلد المتدرج :

ويمـك بواسـطـتة تلافي العيب السـالف (شـكل 62 المنحني 3) وبـة يبـرد المسـخن بسـرعـة يغمـر في حمـام ملحـي درجـة حرارتـة أعـلي بقليل مـن درجـة حـرارة التحـول المـارتنسـيتي لهـذا الصلـب MH ويبقـي الحمـام حتي تتسـاوي درجـة حـرارة في كـل أجـزاء المقطـع، ثـم يبـرد في الهـواء وتسـتعمـل للتصلـد المتـدرج مخلوطـات مـن الأمـلاح السهـلة الإنصهــار مثـل خليـط مـن 55٪ KNO، 45 ٪ NaNO2 ودرجـة إنصهـارة 137^{o} وغيرة ولا يمكـن أستعمـال هـذه الطريقـة إلا لتصلـد الأجـزاء الصـغيرة مـن الصلـب الكربـوني لأن سـرعـة تبريـد الأجـزاء

الكبيرة يمكن أن تقع في منطقة عدم الإستقرار للأوستنيت (500 ـ 600 °) تحت الدرجة الحرجة .

4- التصليد الأيزوثرمي (عند درجة حرارة ثابتة) :

ويسمح بالحصول علي بنية من النوع البيرليتي (سوريت أو تروستيت) بتبريد الجزء المسخن إلي درجة التصلد في حمام ملحي درجة حرارتة هي الدرجة المطلوبة وإبقائة في الحمام حتي 'نتهاء التحويل الأوستنيتي (شكل 62، المنحني 4) وتحدد مدة بقاء الجزء في زسط التصلد من بياني التحليل الأيزوثرمي، للأستنيت للصلب المعني،

ومن المستحسن الحصول بواسطة التصلد الأيزوثرمي علي بنية من التروستيت الابري ذي الصلادة 45 Hre ÷55 إذا أن ذلك يعي أحتفاظ الجزء بلدونة كافية، ولكنة لا يمكن تصليد الأجزاء المصنوعة من الصلب الكربوني أو الصلب السبائكي عند إنخفاض نسبة العنصر المضاف بة إذا زاد مقطعها عن 8 ـ 10 مم إذا أنة لا يمكن تبريد قلب الأجزاء الكبيرة من هذا الصلب إلي درجات حرارة منخفضة (أعلي بقليل من MH) في وسط ساخن نظرا لعدم إستقرار الأستنيت في هذة الأنواع من الصلب .

5- معاملة الصلب في درجت أقل من الصفر :

توجد النقطة المارتنسيت Mk لبعض أنواع الصلب تحت الصفر ويجب لتحويل الاوستنيت إلي المارتنسيت تحويلا تاما عند هذه النقطة تبرده إلي درجات أقل من الصفر . وفي هذه الحالات يعتبر تبريد الجزء تحت الصفر جزءا من الدورة المعتادة للمعاملة الحرارية

وتتغـير نتيجـة لتبـريد الجـزاء خواصهـا الميكانيكيـة والطبيعيـة فتستعمـل المعامـلة بالتـبريد لزيـادة صـلادة الآلات القـاطعـة ولتثبيـت أبعـاد آلات القياس إلخ ،

ويستعمـل للتبريد مزيج مـن ثاني أكسيد الكـربـون المتجمـد (الثلج الجاف) واكحـول الصنـاعي (-- 78,5º) والأكسجين السـائل (-- 183º) والنتروجيـن السـائل (-- 195º) .

6- أصلاديـة الصـلب (قـابليـتـة للـتصـيـد)

تسـمي قـدرة الصلب علي التصلد علي عمق معين بالاصـلاديـة (أو قلبليةالتصـلد) وعمـق الاصـلاديـة هـو المسافـة مـن السـطح إلـي الطبقــة ذات البنيــة النصــف مـارتنسيتيــة ، أى المحتويـة علــي 50٪ مـارتنسـيت و50٪ تروسـتيت ويتـوقف عمـق الاصـلاديـة علـي التركيـب الكميائي للصلب، وعلي وجـة التحـديد علي قيمـة السرعـة الحـرجـة للتصليد ، فكلمـا نقصـت السـرعـة الحـرجـة كلمـا كـان الاصلاديـة أعـمـق .

العيـوب الممكن حدوثها عند التصلد

الصـلادة غير الكـافيـة للجزء المصلد :

وتـكون النتيجـة لعـدم تسخينـة إلـي الدرجـة اللازمـة أو لعـدم تبـريده بالسـرعـة الكـافيـة – أي لتبـريده بسـرعـة أقـل مـن السـرعـة الحـرجـة .

الصــلادة المتفـاوتـة للنـقط المختلفـة للجـزء : وهـي نتيجـة لتسخينـة تسخينـا غيـر متسـاوي قبـل التصـلد أو لتفـاوت سـرعتةالتبـريد للأجـزاء وهـي نتيجـة لـتسخينـة تسخينـا غيـر متسـاوي قبـل التصـلد أو

لتفاوت سرعة التبريد للأجزاء المختلفة منة ، ويمكن تجنب هذين العيبين (الصلادة غير الكافية والمتفاوتة) بمراعاة الطرق الصحيحة للتسخين والتبريد وباسعدال الجزء قبل تصليدة للحصول علي بنية متشابة كما يمكن تلافيهما بإعادة التصليد .

تأكسد السطح وإحتراق الكربون بة :

ويحدث هذا نتيجة لتسخين الجزء في أفران مؤكسدة (بكسر السين) والوسيلة الفعالة لمقاومة هذا العيب هي تسخين الجزء في أفران لافعة (موفل) ذات جو واقي من غاز خامل يحمي السطح من التأكسد أو بتسخينة في الأملاح المنصهرة ، NaCI $BaCO_3 < Nq_2CO_3$, NaCI

أعوجاج الجزء وتشققة :

وهي تحدث نتيجة للأجهادات الكبيرة التي تحدث اثناء عملية التصليد نتيجة لتكون بنيات مختلفة يتفاوت حجمها النوعي لعدم تساوي التبريد في الأجزاء المختلفة من الجزء (الأركان الحادة ، الانتقالات المفاجئة للمقطع) ويجب تجهيز الأجزاء ذات الشكل المعقد من الصلب سرعتة الحرجة للتصليد منخفضة ، أما التشقق فهو عيب لا يمكن إصلاحة في حين علاج الإعوجاج بالإستعدال بعد التلدين

7- **التصلد السطحي** :

يستعمل التصلد السطحي علي نطاق واسع في الصناعات الميكانيكة الحديثة وذلك للحصول علي بنية مارتنسيتية بالطبقة السطحية مع الإحتفاظ بقلب لين، مقاوم للصدمات (

ألأعمدة والتروس)، ويتم هذا بتسخين الطبقة السطحية للجزء إلي درجة التصلد ثم تبريدها، وهناك عدة طرق للتصلد السطحي حسب طريقة التسخين :

1- التصلد مع التسخين بلهب البوري .

2- التسخين بالتلامس الكهربائي .

3- التسخين بالتيار العالي التردد .

4- التسخين في الألكتروليت .

1- التصلد مع التسخين بلهب البوري الغازي :

يسخن سطح الجزء بلهب الأكسي- أستلين حتي درجة حرارة التصليد ويبرد بتيار من المأء، وبهذا يتم تصليدة.

2- التسخين بالتلامس الكهربائي بطريقة الدكتور ن، ف، هفلنج:

هو تسخين الطبقة السطحية للجزء بتيار منخفض الجهد (2- 6 فولت) ذي شدة عالية، ويخلق التلامس بواسطة أقطاب نحاسية خلال المعدن المسخن وتبرد الطبقة المسخنة بتيار من الماء أو الزيت، ونظرا لوجود طريقة أحسن للتسخين وهي طريقة التسخين بواسطة التيار العالي التردد فإن هاتين الطريقتين بسبب إنتاجيتهما المنخفضة لا تستعملان إلا إستعمالا محدودا .

3- التسخين بالتيار العالي التردد :

وقد أقترحها وقام ببحثها الأستاذ ف . ب . فولوجدين سنة 1934 وهي واحدة من أكثر طرق المعاملة الحرارية تقدما وفعالية،

وتسمح بالحصول علي سطح مصلد ىبأي سمك ويتم التحكم في التردد حسب المعادلة، **δ ف 500 mm**

$$\sqrt{\quad} \; 1$$

حيث δ—عمق التسخين و f – التردد بالهرتز (ذبذبة في الثانية) وهذه الطريقة للتصليد ذات إنتاجية عالية وتسمح بإدخال الأوتوماتيكية الكاملة في عملية الصليد (شكل 63) ويوضع الجزء I في الحاث 2 المغذي بتيار من مجموعة محرك – مولد 3 يديرها المحرك الكهربائي 4، وتكون التغذية بواسطة محول 5 والمكثف 6 يوضع بغرض تحسين عمل المولد وتنشأ في الجزء I الموضوع في الحاث 2 تيار حثية (دوامية) عالية التردد ذات شدة كبيرة في الطبقة السطحية، فتسخنها بسرعة إلي درجة التصليد وبتبريد الجزء بعد ذلك بتيار من ةالماء من رشاش تتكون بة بنية مارتنسيتية .

وتستعمل للحصول علي العمق المطلوب للطبقة المصلدة أنواع مختلفة من المولدات العالية التردد (جدول 6)

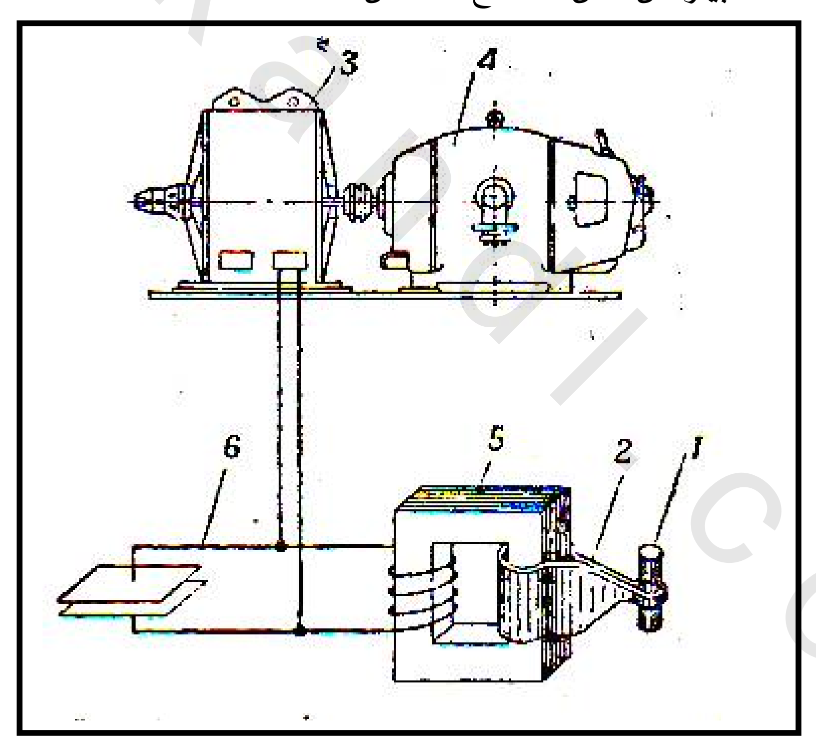
والدلائل الأساسية التي تحدد البنية التي نحصل عليها للطبقة المصلدة هي درجة حرارة التسخين وسرعتة ..

أنواع المولدات العالية التتردد (جدول رقم 6)

نوع المولد	مدي الترددات المستعملة، هرتس (ذبذبة في الثانية)	القدرة كيلواط	عمق التصليد مم
مجموعة محرك ـ مولد	500 -- 10000	20- 500	إبتداء من 2
مولد شراري	5000 - 500000	5 - 35	إبتداء من 1
مولد الكتروني	100000- 10000000	5- 1000	إبتداء أجزاء الملليمتر

4- التصليد مع تسخين المعدن في الألكتروليت :

وتتلخص هذه الطريقة في أن الجزء المراد تصليدة يغأمر في الكتروليت (محلول مائي للصودا) ويكون فية بمثابة مهبط أما المصعد فهو الوعاء نفسة فعند توصيل دائرة التيار المستمر عبر الألكتروليت تتكون حول المهبط (الجزء) طبقة من الأيدروجين عالي المقاومة الكهربائيأة مما يساعد علي تكوين حرارة عالية عند الجزء تقوم بسرعة بتسخين الطبقة السطحية ويتم ذلك بتبريد الجزء المسخن (تصليدة) في الألكتروليت نفسة وذلك بقطع التيار ويستعمل للتسخين تيار مستمر جهد 220 – 300 فولت وشدتة من 4- 6 أمبير/س2 من السطح المسخن .



(شكل 63) رسم تخطيطي للتسخين بالتيار العالي التردد

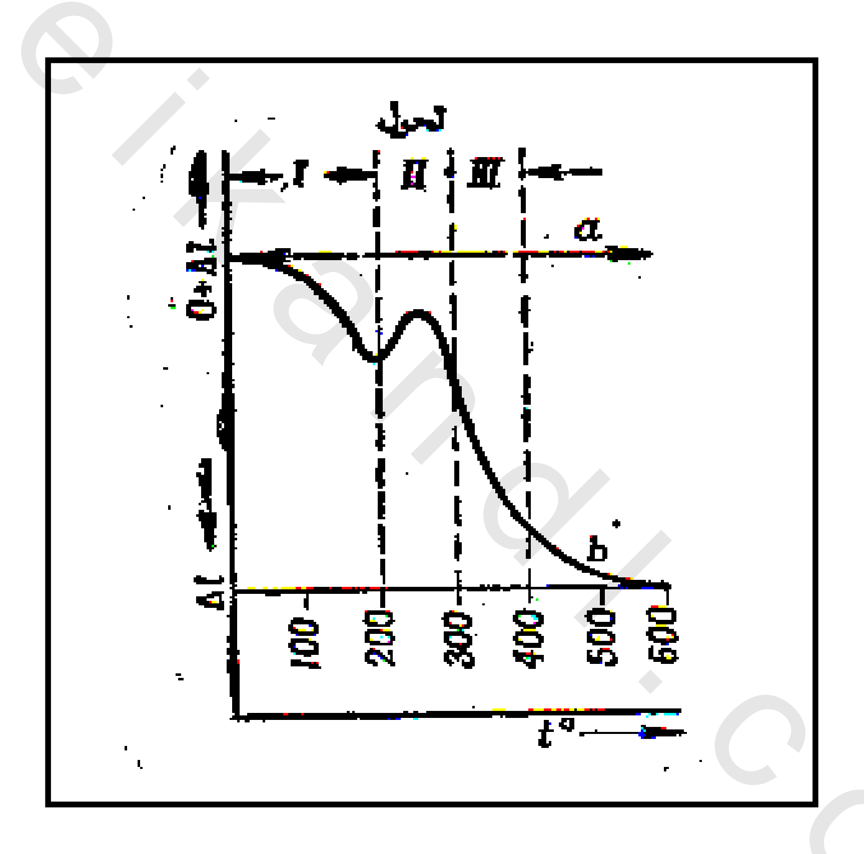
8- مراجعة الصلب المصلد :

المراجعة هى عملية نهائية فى المعاملة الحرارية ، و تتوقف على صحة القيام بها خواص الاجزاء المعاملة حراريا . و اهم العوامل فى عملية مراجعة الصلب هى درجة حرارة التسخين و طول مدة بقاء الجزء عند هذه الدرجة . و الغرض من المراجعة هو ازالة الاجهادات الداخلية جزئيا او كليا ، و تخفيض الصلادة وزيادة المتانة (مقاومة الصدمات) . تراجع الاجزاء المصلدة ذات البنية المتكونة من المارتنسيت الرباعى و الاوستنيت المتبقى . و هاتان البنيتان غير مستقرين و تميلان عند التسخين الى التحول الى حالات اكثر استقرار مع تغير الحجم، ولما كان ترتيب البنيات المختلفة فى سبائك الحديد و الكربون حسب زيادة حجمها النوعى هو اوستنيت < سوربيت < تروستيت < مارتنسيت، فان هذا يعنى ان الاوستنيت اقلها حجما اما المارتنسيت فهو اكثر بنيات سبائك الحديد و الكربون الناتجة عند المعاملة الحرارية فى الحجم النوعى ولذلك يحدث عند تحول المارتنسيت نقص فى الحجم (و الطول) و عند تحلل الاوستنيت زيادة فى الحجم (و الطول) .

و بشكل (64) منحنى التحول التمددى و يبين تغير طول العينة عند مراجعة الصلب المصلد . و بشكل (65) منحنيات تبين تغير نسبة الكربون فى المارتنسيت حسب درجة حرارة المراجعة فى انواع الصلب المحتوية على الكربون بنسب مختلفة . و يعطى الصلب الملدن (شكل 64، a) خطا افقيا لعدم حدوث اى تحولات طورية به عند التسخين، اما عند مراجعة الصلب المصلد فنلاحظ حدوث ثلاثة تحولات (شكل 64، a) .

التحول الاول :

عند المراجعة الى درجة 200^{o}، و يصحبه انكماش بطول العينة نتيجة لانكماش الشبكة الرباعية للمارتنسيت اى اقتراب نسبة المحاور c/a الى واحد تقريبا : و يحدث هذا نظرا لافراز الكربون من المارتنسيت Feα (C) (شكل 65) و يتحول نتيجة لهذا التحول الاول مارتنسيت التصليد الى مارتنسيت مراجعة ،



شكل رقم 64 ، المنحنى الديلاتومترى لمراجعة الصلب الكربونى :

a) صلب ملدن ، b) صلب مصلد (أ. ب. جوليايف)

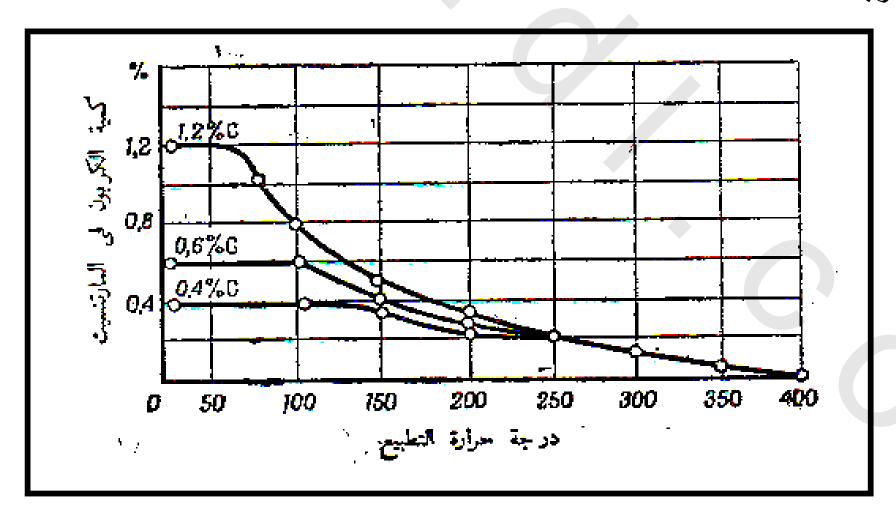
التحول الثانى :

عنـد المراجعـة مـن 200 – 300 º و بـه يـزداد حجـم الجـزء (وطوله) (شكل 64، المنحنى b) و هذا نتيجة لتحلل الاوستنيت المتبقى الى مارتنسيت مراجعة ،

التحول الثالث :

عنـد المراجعـة مـن 300 – 400 º و يـؤدى الى نقـص الطـول (شـكل 64، المنحنـى b) و هـذا نتيجـة لتحلـل المارتنسـيتالى خلـيط مـن الفيريت و السـمنتيت . و تكـون نسـبة الكربـون فـى الفيريـت المتكـون مسـاوية للصـفر عمليـا (شـكل 65)، تسـمى البنيـة الناتجـة بتروسـتيت المراجعة .

و يساعد رفع درجة حرارة المراجعة اكثر من ذلك على زيادة نسبة السمنتيت و تكون سوربيت المراجعة مع أثار من التروستيت عند درجات 500 – 600 º .



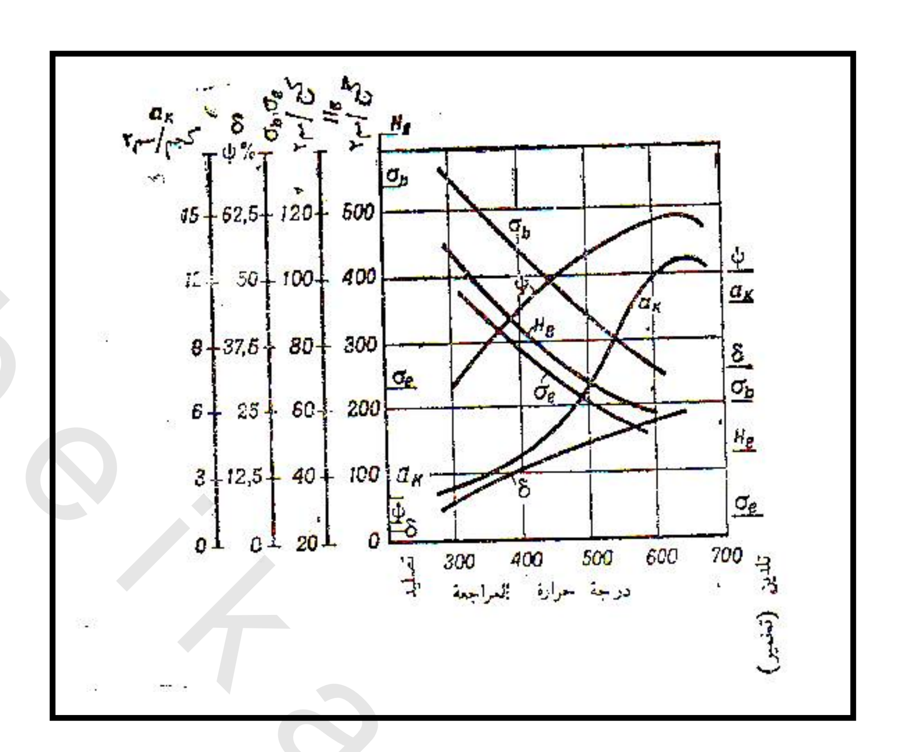
شكل رقم 65 ، نسبة الكربون بمحلول – α (مارتنسيت) حسب درجة حرارة التطبيع (جـ . ف. كورديموف)

و تستعمل المراجعة عند الدرجات المنخفضة (150 – 200 °)
عمليا لازالة الاجهادات فى المارتنسيت و المراجعة عند الدرجات العالية
(550 - 600°) للحصول على بنية من سوربيت المراجعة .

و تسبب تغيرات بنية الصلب عند المراجعة تغيرات فى خواصه
الميكانيكية . وبشكل (66) اوردنا منحنيات تبين تغير الخواص
الميكانيكية للصلب الكربونى المصلد 40 عند تغير درجة حرارة
المراجعة .

فعند المراحعة حتى 300 ° تزداد المقاومة القصوى (أقصى
اجهاد)، وحد المرونة (σb ، te) بالنسة لما كانت عليه فى الصلب
المصلد ، فى حين تنخفض الصلادة HB ، و بزيادة درجة حرارة المراجعة
اكثر من 300 ° تبدأ الخصائص المذكورة فى الانخفاض و ترتفع
اللدونة δ ، Ψ ، و المتانة و مقاومة الصدمات ak بالنسة لقيمتها فى
الصلب بعد التصليد (و قد بيناها بشرطات افقية بالجانب الايسر من
البيانى) .

مع ذلك فان خواص الصلب بعد المراجعة عند درجة حرارة عالية
(550 - 600°) كالمقاومة (σb ، $e\sigma$) و اللدونة (Ψ) و المتانة (
ak) تكون اعلى مما تكون عليه بعد التلدين (و قد بينا قيمتها بعد
التلدين بشرطات افقية بالجانب الايمن من البيانى) و لهذا فانالتصليد
للحصول على المارتنسيت ثم المراجعة عند درجة حرارة عالية للحصول
على سوربيت يستعملان على نطاق واسع لاجزاء الماكينات و تسمى
بالتحسين . و خواص المقاومة و المتانة بسوربيت المراجعة ذى السمنتيت
الحبيبى اعلى منها فى سوؤبيت التصليد ذى السمنتيت الصفائحى .



شكل رقم **67** ، تغير الخواص الميكانيكية للصلب **40** مع تغير درجة حرارة التطبيع (جـ . أ . كاشنكو و ن. أ . منكيفتش)

9- المعاملة الحرارية للزهر الرمادى :

تعامل انواع الزهر الرمادى العالية المتانة و المعدلة و السبيكية كانواع الصلب بالعمليات الحرارية التالية :

1- التلدين لازالة الاجهادات الداخلية بالمسبوكات المعقدة الشكل من الزهر الرمادى :

تسخين بطىء (75 – 100 ° / ساعة) حتى درجة 500 – 550 °، ثم ابقاء الجزء عند هذه الدرجة لمدة 2 – 5 ساعات، ثم تبريد بطىء فى الفرن (50 – 60 ° / ساعة)، حتى درجة 200 ° و فى حالة

التبريد دون فرن تترك المسبوكاتمدة طويلة (تصل الى عام) بالمخزن و يسمى هذا بالتعبير الطبيعى، و فى هذه الحالة تزال الاجهادات جزئيا فقط (20 – 30 ٪) .

-2 التلدين لانقاص الصلادة و لزيادة القابلية للتشغيل :

للزهر الرمادى بتسخينه الى درجة 850 – 900 º لمدة 1 – 2 ساعة مما يتيح عنه افرازات الجرافيت من السنتيت الطليق حسب المعادلة

$$Fe3C \longrightarrow 3Fe + C$$

-3 مراجعة الزهر الرمادى :

تتم تسخين الى درجة 850 – 870 º م لزيادة الكربون المتحد باذابة جزء من الكربون الطليق من الاوستنيت ثم تبريد الجزء فى الهواء للحصول على بنية من السوربيت .

-4 تصليد الاجزاء المصنوعة من الزهر الرمادى :

بأشكالها المختلفة، و ذلك للحصول على بنية من المارتنسيت أو التروستيت او السوربيت و يشبه تصليد الصلب (كما سبق و بينا) وتتراواح درجة حرارة التسخين عند التصليد فى الحدود من 820 – 900 º .

ويجدر بنا ان نشير بصفة خاصة الى فعالية العمليتين التاليتين :

أ) التصليد الايزوثرمى للزهر الرمادى و يسمح برفع متانته بنسبة 30 – 50 ٪ و مقاومته للتأكل 3 – 4 مرات .

ب) التصليد السطحى بالتسخين الحثى بالتيار عالى التردد للاجزاء التى تتعرض للاحتكاك .

5- المراجعة بعد التصليد :

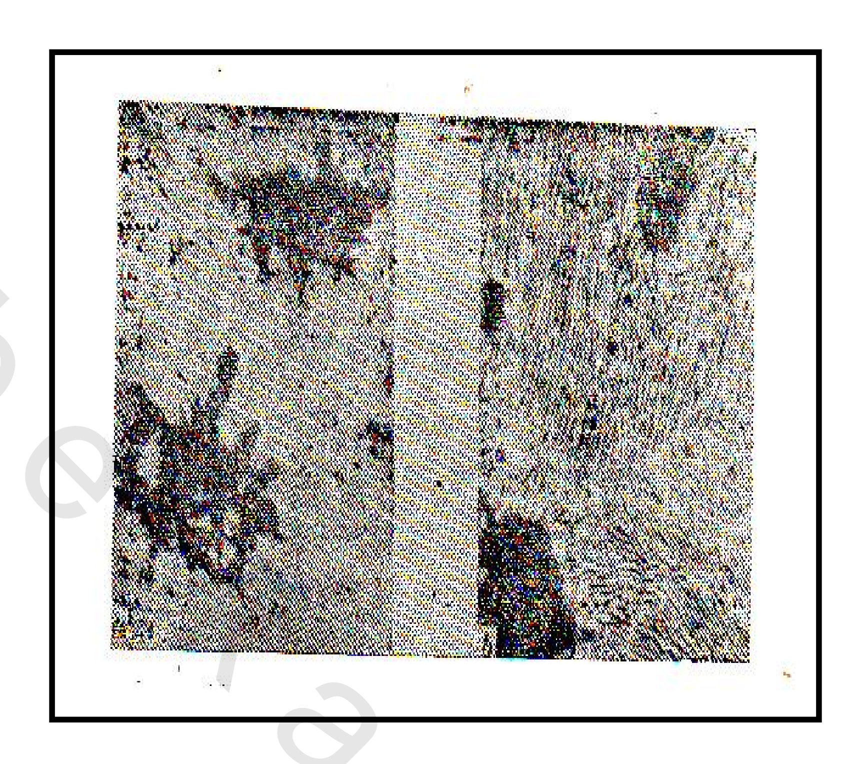
أ) عند الدرجات المنخفضة من 180 – 250 ° لازالة الاجهادات .

ب) عنـد الـدرجات العاليـة مـن 500- 600 ° للحصـول علـى سـوربيت المراجعة .

10 – الزهر الطريق :

الزهر الطريق عبارة عن مسبوكة من الزهـر بنيتها ذات اساس فيريتى او بيرليتى (شكل 67) و تحتوى على الكربون على شكل قطع مندوفة و يحصل على الزهر الطريق من الزهر الابيض (شكل 67) بتلدينه (تخميره) لافراز الجرافيت ويستعمل عمليا نوعان من الزهر الطريق : النوع الفيريتى و النوع البيرليتى، وتختلف خواصهما الميكانيكية .

و ينتج الزهر الطريق على مرحلتين : اولا بالحصول على مسبوكات ذات بنية من الزهر الابيض (شكل 51)، ثم بتلدين الزهر الابيض لافراز الجرافيت و الحصول على الزهر الطريق (شكل 67)، و يصهر المعدن عند انتاج الزهر الفيريتى الطريق بالعملية المزدوجة (دوبلكس) فى فرن الدست و الفرن الكهربائى ويكون تركيب الزهر الابيض كالأتى : 2.4 – 2.8 ٪ C، 0.5 – 1 ٪ Si ، 0.3 – 0.4 Mn و حتى 0.08 ٪ S و 0.10 – 0.20 ٪ P و يصهر المعدن عند انتاج الزهر البيرليتى الطريق فى فرن الدست، فتكون نسبة الكربون بالزهر الناتج اعلى ثم يعالج بالتلدين لانقاص الكربون به .



شكل رقم 67 ، بنيان الزهر الطريق فى فرن الدست ، فتكون نسبة الكربون بالزهر الناتج اعلى ، ثم يعالج بالتلدين لانقاص الكربون به .

طرق التلدين (التخمير) :

يجرى تلدين الزهر الطريق فى الافران الغرفية و النفقية و فى الافران المستمرة الاشتعال ذات الجو الواقى . و عند تلدين المسبوكات المصنوعة من الزهر الابيض فى افران دون جو واق يضعوها فى صناديق (من الصلب او الزهر الابيض) و ينثر عليها الرمل عند تلدين الزهر الفيريتى الطريق و خام الحديد عند تلدين الزهر البيرليتى .و توضع المسبوكات مباشرة على صوانى عند تلدينها فى افران ذات جو واق، مما يقلل من زمن التلدين و ينتج مسبوكات عالية الجودة

و بشكل (68) رسم بيانى لعملية تلدين الزهر الطريق : و يبين الخط المتقطع العملية المتبعة عادة و تستغرق 80 ساعة، فى حين يبين الخط المستمر التلدين عند درجات الحرارة المنخفضة (350 – 410 °C) و الابقاء عندها لمدة ما لازالة الهيدروجين من الزهر المعدل بالالومنيوم و يستغرق 60 ساعة و تتكون عملية التلدين من مرحلتين من افراز الجرافيت .

1) المرحلة الاولى :

بالتسخين الى 950 – 970 °C و بها يتحول البيرليت الى اوستنيت و يذوب فيه الكربون الزائد عن 1 ٪ و الابقاء عند درجة الحرارة المذكورة (5 – 13 ساعة) لافراز الجرافيتع من السمنتيت الطليق على شكل ندف مع افراز الفيريت حسب المعادلة $Fe3C \longrightarrow 3Fe + C$

2) المرحلة الثانية :

وهى تبريد الاجزاء الملدنة حتى مدة درجات الحرارة الذى يحدث به التحول اليوتكتويدى و ابقائها (10 – 16 ساعة)، و تساعد على تحلل السمنتيت الثانوى المفرز من الاسوتنيت فى عملية التبريد (انظر شكل 47) و كذلك تحلل السمنتيت البيرليتى الى فيريت و ندف من الجرافيت تتكون البنية بعد تمام التلدين من افرازات مستديرة من الجرافيت و حبيبات من الفيريت (شكل 67) .

الزهر البيرليتى الطريق :

و يحصل عليه بالتلدين غير التام، اذ يبرد الزهر بعد المرحلة الازلى من تكوين الجرافيت من درجة 1000 °C فى الفرن دون اجراء المرحلة الثانية . و تتكون بنية الزهر البيرليتى الطريق من البيرليت و

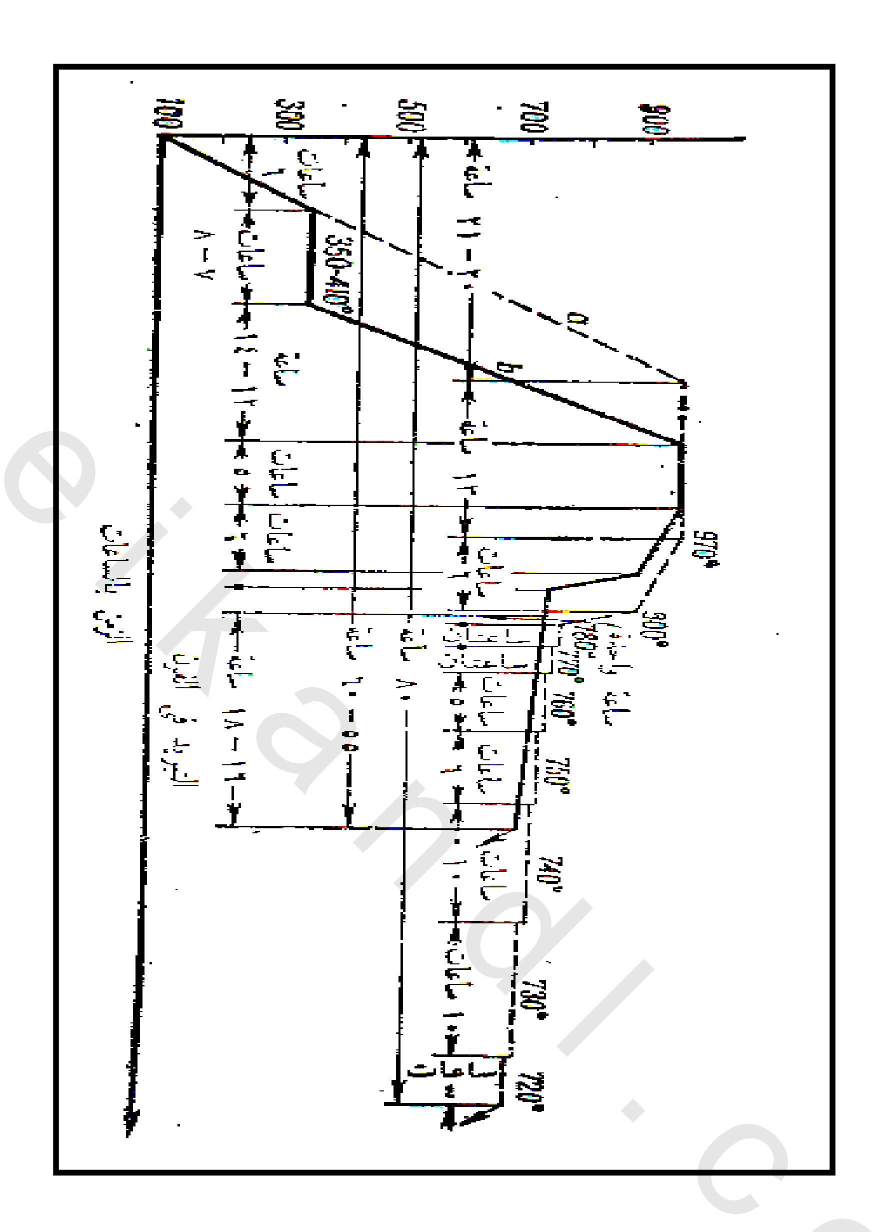
كربون التلدين (شكل 67 ، b) . ولزيادة متانة الزهر البيرليتى و مقاومته للصدمات يعالج بعملية تكوين للكريات عند درجة 650 – 750 ^{o} مما يخلق بنية من البيرليت الحيبيى .و قد طبقت فى الاتحاد السوفييتى عمليا طرق سريعة لتلدين الزهر الطريق تسمح باجراء التلدين فى 7 – 18 ساعة ومن وسائل زيادة سرعة التلدين :

أ) تصليد الزهر الابيض قبل التلدين لزيادة عدد مراكز تكون الجرافيت .

ب) تعديل الزهر الابيض بالالومنيوم او التيتانيوم .

جـ) معاملة الزهر حراريا عند درجات الحرارة لازالة الايدروجين قبل التلدين .

د) اجراء المرحلة لتكوين الجرافيت فى وسط سائل (حمام ملحى) عند درجة حرارة 1050 – 1100 ^{o} و تكوين البنية الكروية فى فرن كهربائى مقفل عند درجة حرارة 710 – 720 ^{o} (للزهر البيرليتى) .

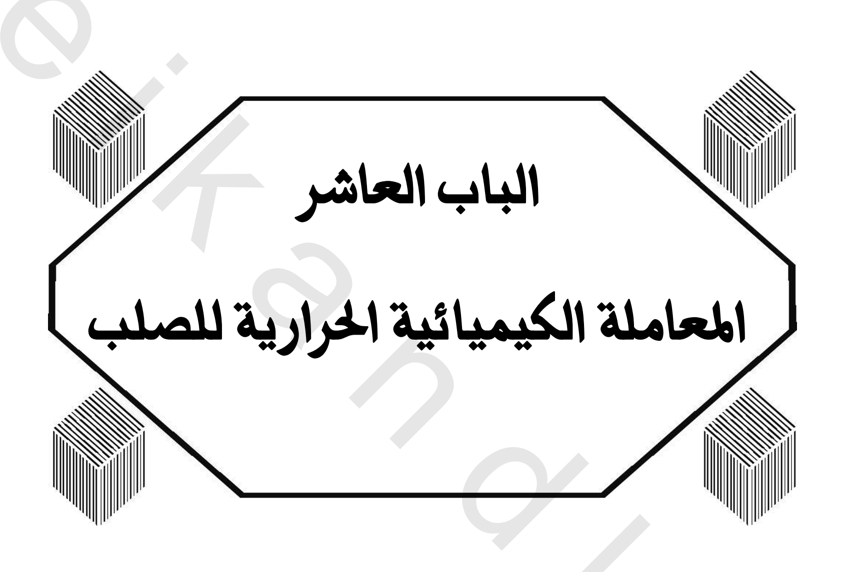


شكل رقم 68 ، النظام الحرارى لتلدين الزهر الطريق :

a) النظام المعتاد (المنحنى المنقط) ز مدته 80 ساعة .

b) التلدين مع الابقاء عند درجة حرارة مختلفة 250 ^{o} م عند التعديل بالالومنيوم و مدته 60 ساعة .

ويستعمل الزهر الطريق على نطاق واسع فى صناعة السيارات و الجرارت و عربات السكة الحديد و الألآت الزراعية لصناعة الاجزاء المعقدة الشكل التى تتعرض للصدمات . وان كان الزهر الرمادى ذو الجرافيت الكروى الذى تتفوق خواصه الميكانيكية على خواص الزهر الطريق فى هذه الاستعمالات .



الباب العاشر

المعاملة الكيميائية الحرارية للصلب



عند المعاملة الكيميائية الحرارية للصلب بواسطة الانتشار تجرى تغنية الطبقات اسطحية للجزء المصنوع من الصلب بأحد العناصر التالية :

الكربون (الكربنة)، النيتروجين (النتردة)، الكربون و النيتروجين معا (المعاملة السيانية او السيندة)، الالومنيوم (الالمنة)، الكروم (المعاملة بالكروم) و غيرها ، و ذلك لزيادة مقاومة الجزء للتأكل و الصدأ و غيرها من الخواص . و تجرى المعالمة الكيميائية الحرارية عند درجة حرارة وفى وسط يمكنان من افراز العنصر المراد انتشاره فى الجزء فى حالته الذرية النشطة كيميائيا . **و تحدث عند المعادلة الكيميائية الحرارية العمليات التالية :**

1- يكون العنصر المراد انتشاره فى الجزء فى حالته الذرية نتيجة لتحلل بعض مركباته .

2- امتصاص سطح الصلب لذرات العنصر المنتشر .

3- انتشار ذرات العنصر داخل الجزء .

و قد اشتغل الباحثون بعمليات المعاملة الكيميائية الحرارية منذ زمن بعيد ، فكان العالم ب. ب. أنوسوف اول من استعمل الكربنة الغازية من العلماء الروس (سنة 1837 م) ومن بعده قام ن. ب. تشيجفسكى فى سنوات 1907 – 1914 م بدراسة النتردة و معاملة الصلب بالبوريوم . كما قام العلماء السوفييت بتحقيق كثير من الدراسات قى هذا الموضوع و لقد عممت بالاتحاد السوفييتى الكربنة الغازية و السائلة نتيجة لهذه الدراسات .

1- **الكربنة (السمنتية) :**

الكربنة (السمنتة) أقدم وسائل اقدم تسييع سطح الصلب بالكربون و تستعمل للحصول على صلادة عالية و مقاومة للتآكل للطبقة السطحية، مع الاحتفاظ بقلب لين متين لبعض الاجزاء كالتروس و بنز المكابس و حدبات الجذع الموزع .

و تتوقف عملية الكربنة على العوامل الاتية :

1) تركيب الصلب .

2) تركيب الوسط المحتوى على الكربون (الوسط المكربن) .

3) طريقة القيام بالعملية، درجة حرارة التسخين ومدة ابقاء الجزء عندها.

4) طابع المعاملة الحرارية بعد الكربنة .

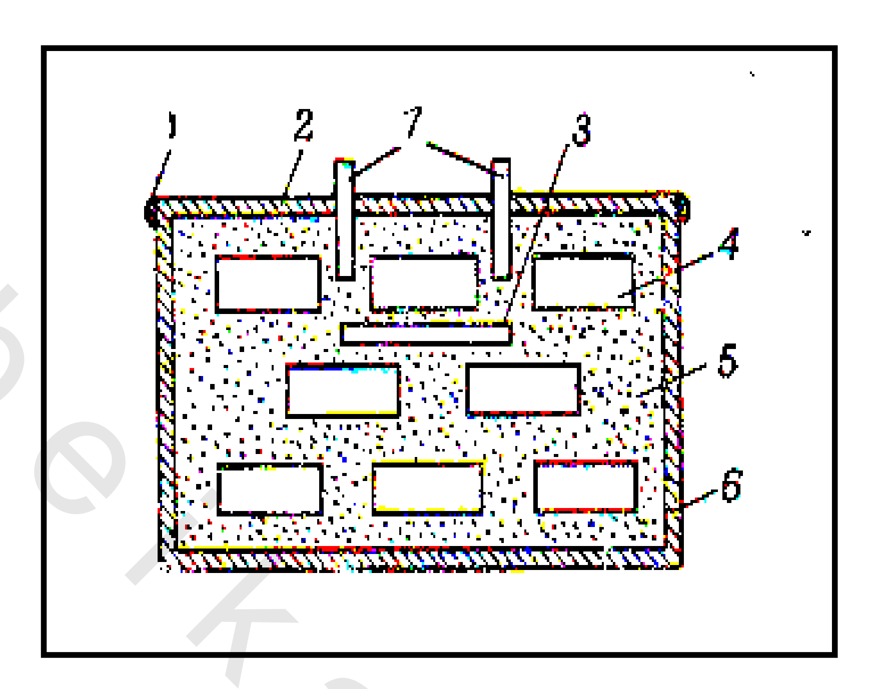
و تصنع الاجزاء التى تجرى كربنتها من صلب ذى نسبة الكربون المنخفضة : صلب كربونى 10، 15، 20، 25 و من الصلب السبائكى 15x ، 20X، 12XH3A، 18XTT و غيرها . ولما كانت عملية الكربنة تتم عند درجات حرارة اعلى من Ac3 مع ابقاء الجزء لمدة طويلة فيحسن لتجنب نمو الحبيبات ان تصنع الاحزاء من صلب صغير الحبيبات بالوراثة رقم 6 – 8 حسب المقياس (انظر شكل57)

و تنقسم الكربنة حسب نوع المواد المستخدمة الى كربنة صلبة وسائلية و غازية .

أ) الكربنة فى وسط مكربن صلب :

و هى اقدم الطرق لتسبيهع سطح الصلب بالكربون و فى هذه الحالة تنظف الاجزاء بعد تشغيلها من القلويات و التراب و الزيوت و تعزل الاماكن التى لاتراد كربنتها مثل السطح الداخلى لبنز المكبس و اعناق الجذوع الحديبية و ذلك بتغطيتها بالكهرباء بطبقة من النحاس سمكها 0.005 مم . ثم تعبأ الاجزاء 4 فى عدة صفوف فى صندوق الكربنة 6 المصنوع من الصاج الملحوم سمكه 6 – 8 مم (شكل 69) وينثر بين هذه الاجزاء الخليط المكربن 5، الذى يتكون من 75 – 80٪ من فحم الحرور او البلوط دقيق الحبيبات (2 – 4 مم) و 20 – 25 ٪ Na_2CO_3 او $BaCO_3$.

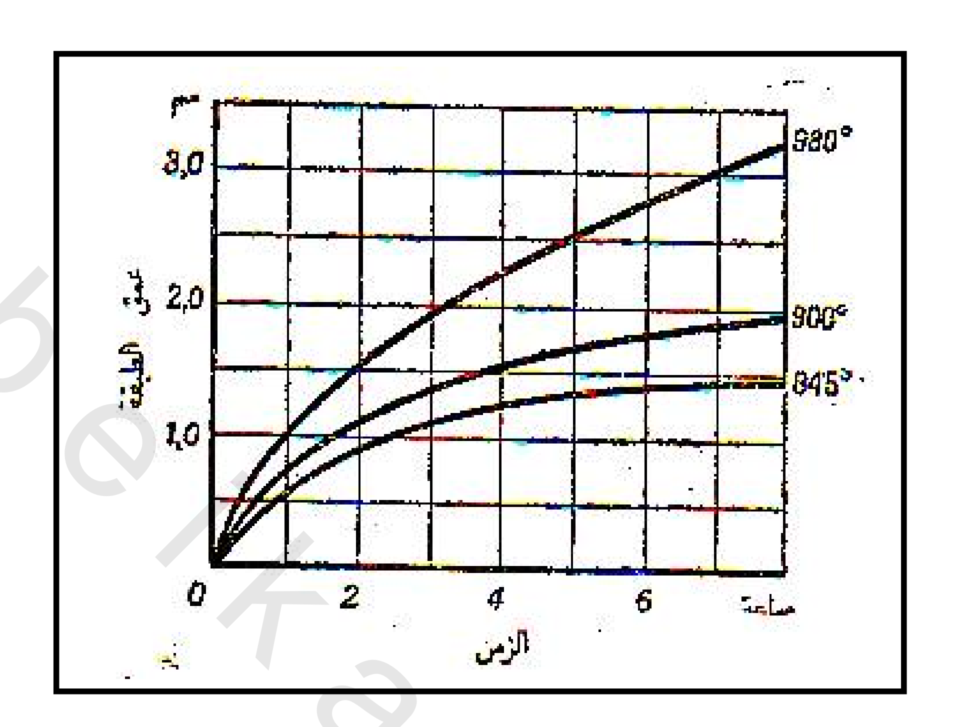
و ينثر المخلوط المكربن على قاع الصندوق فى طبقة سمكها 25 – 30 مم ثم توضع فوقها الطبقة الاولى من الاجزاء بحيث تكون المسافة بينها و بين بعضها 15 – 20 مم و بحيث تبعد 25 – 35 مم عن جدران الصندوق ثم ينثر عليها طبقة من الخليط المكربن مع دكه قليلا ، ثم يوضع الصف التالى من الاجزاء، ثم طبقة من المخلوط المكربن و هكذا حتى يمتلأ الصندوق، و توضع فى الصندوق بالاضافة الى اجزاء عينة قياسية 3 و عينات تجريبية 7 خلال تقب فى غطاء الصندوق لمعاينة نتائج الكربنة ، حتى يمكن اثناء العملية قياس سمك الطبقة المكربنة من المكسر . و تصنع العينات القياسية من نفس الصلب الذى تصنع منه الاجزاء المكربنة و بعد تعبئة الاجزاء تغلق الصناديق بالغطاء 2 و تدهن بطينة حرارية 1 لمنع تسرب الهواء .



شكل رقم 69 ، تعبئة الاجزاء فى الصندوق عند الكربنة

(رسم تخطيطى)

و توضع الصناديق المعبأة فى فرن يسخن الى درجة اعلى من Ac3 (وهى عادة 920 – 940 º) ويبقى عند هذه الدرجة للمدة الكافية للحصول على طبقة مكربنة سمكها نحو 1.2 – 1.7 مم، وبشكل (70) اوردنا العلاقة بين سمك الطبقة المكربنة و درجة الحرارة و مدة الابقاء اثناء الكربنة الصلبة و و منها نرى انه للحصول على طبقة مكربنة سمكها نحو 2.0 مم يجب ابقاء الاجزاء عند درجة 900 º لمدة نحو 8 ساعات .



شكل رقم 70 ، تأثير درجة الحرارة وزمن الابقاء على الكربنة بواسطة مخلوط صلب (كربون + 40 ٪ BaCO3)

و يتفاعل اكسجين الهواء المتبقى فى الصندوق حسب المعادلة $2C + O2 = 2CO$ ويتحلل أكسيد الكربون عند متلامسه بسطح تلامسه بسطح الاجزاء

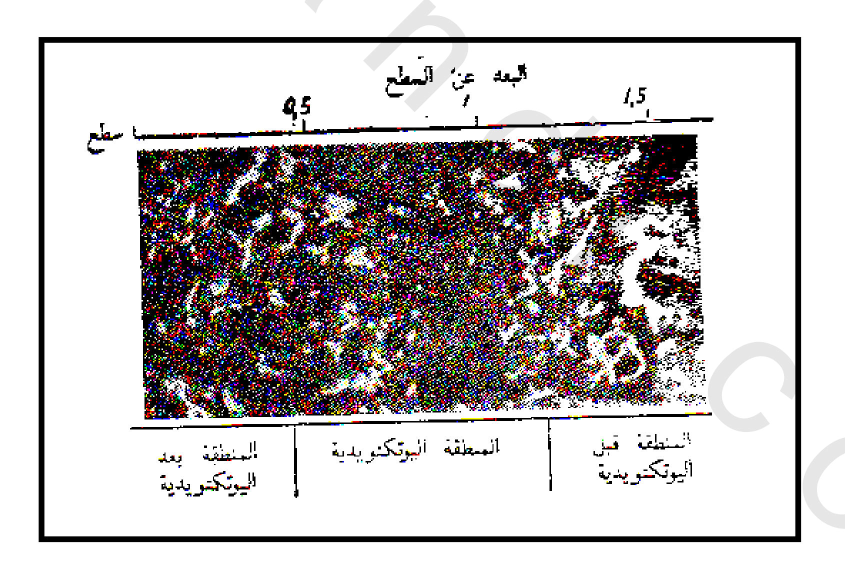
$CO2 + C \longrightarrow 2CO$ فيمتص سطح الاجزاء الكربون الذرى مكونا اوستنيت $Fe\gamma\ (C) \longleftarrow Fe\gamma + C$ وينتشر الكربون الى داخل الصلب بسرعة تزيد كلما زادت درجة حرارة الكربنة .

و عند التبريد يتحول الاوستنيت المشبع حسب منحنى تسابك Fe – Fe3C، فلو كانت نسبة الكربون اعلى من 0.8 ٪ فان السمنتيت

الثانوى يفرز فى مدى درجات الحرارة من A1 - Acm ويتحول الاوستنيت الى بيرليت عند درجة A1. و تنشط أملاح حامض الكربونيك المضافة الى المخلوط المكربن عملية الكربنة و تكون أكسيد كربون اضافى حسب المعادلة :

$$BaCO_3 + C = BaO + 2CO$$

و تتكون نتيجة للكربنة طبقة مكربنة (شكل 71) من ثلاث مناطق : عند سطح الجزء منكقة بعد يوتكتويدية (بيرليت + شبكة من السمنتيت) تحتوى على نحو 1.2 ٪ من الكربون و و منطقة يوتكتويدية (بيرليت) تحتوى على 0.8 ٪ من الكربون، و منطقة قبل يوتكتويدية بالقرب من القلب (فيريت + بيرليت) . و يسمى مجموع سمك المنطقة بعد اليوتكتويدة و المنطقة اليوتكتويدية و نصف المنطقة الانتقالية (قبل اليوتكتويدية) بعمق الطبقة المكربنة .



شكل رقم 71 ، البنية الميكروسكوبية للصلب المكربن (× 100)

ب) المعاملة الحرارية للاجزاء المكربنة :

لا تصبح للطبقة المكربنة للجزء صلادتها العالية المطلوبة و مقاومتها للتأكل الا بعد معاملتها حراريا بالتصليد و المراجعة . و يساعد بقاء الاجزاء مدة طويلة بالفرن عند درجة حرارة عالية على نمو الحبيبات. الاوستنيت فى كل سمك الجزء، **و لتلافى هذا العيب يستعمل النظام التالى للمعاملة الحرارية للاجزاء المكربنة :**

1- التسخين و التصليد عدة مرات او الاستعدال من 900 – 920 º لتحسين بنية القلب ذى نسبة الكربون المنخفضة .

2- التصليد من درجة 770 – 7780 º لتحسين بنية الطبقة المكربنة .

3- المراجعة عند درجة 160 – 180 º لازالة الاجهادات فى المارتنسيت . و يجرى تصليد الاجزاء المكربنة المصنوعة من الصلب الكربونى فى الماء و المصنوعة من الصلب السبائكى فى الزيت .

و يبسط استعمال الصلب الصغير الحبيبات بالوراثة (رقم 6 – 8) مثل النوع 18XTT من عملية المعاملة الحرارية . اذ يمكن الاكتفاء بالتصليد مرة واحدة – للطبقة المكربنة – ثم المراجعة .

3– الكربنة الغازية :

و قد استعمالها ب. ب. انوسوف فى سنة 1830 م بمصنع زلاتوأوست و تستعمل الآن على نطاق واسع فى صناعة الألآت لانتاج بالجملة و للانتاج فى مجموعات ،لتفوقها على الكربنة الصلبة بعدد من المميزات، و المخلوط المكربن هنا على شكل غازات : أكسيد الكربون (CO)، و الميثان (CH_4)، و الايثان (C_2H_6)، والبروبان (C_3H_8)، و البوتان (C_4H_{10}) و غيرها . و تستعمل عمليا اما الغازات

الطبيعية او منتجات عملية تكسير جزيئات الكيروسين و البنزول و البيروبنزيل – وتتم الكربنة فى افران لافعة مستمرة العمل او افران ذات قصبة فتسخن الاجزاء الى درجة 930 º مع ابقائها حوالى 6 ساعات لكربنة طبقة سمكها يصل الى 1 مم .

يجرى تصليد الاجزاء المصنوعة من صلب صغير الحبيبات (رقم 6 – 8) بعد الكربنة مباشرة و ذلك بتبريدها الى الدرجة المثلى للتصليد . اما اذا تكونت فى الصلب نتيجة للكربنة بنية كبيرة الحبيبات فيستعمل التصليد المزدوج كما بينا فى حالة الكربنة فى وسط صلب . و تحتتم المعاملة الحرارية بالمراجعة عند درجة 160 – 180 º .

4- الكربنة الغازية السريعة :

للتروس المصنوعة من الصلب ماركة 18XTT او 30XTT (الصغيرة الحبيبات بالوراثة) و تتم بالتسخين التأثيرى عالى التردد الى درجة 1050 – 1070 º م . و يسمح هذا بكربنة الصلب الى عمق 1 مم فى مدة 30 – 45 دقيقة (كما تدل على ذلك خبرة مصنع ليخاشوف) و يسمح تطبيق هذه الطريقة للكربنة بخلق خطوط اوتوماتيكية جارية لانتاج التروس و غيرها من الاجزاء التى تعامل بالكربنة .

5- الكربنة السائلية :

و تستعمل عادة للاجزاء الصغيرة عندما يكون العمق المطلوب للطبقة المكربنة صغيرا (0.3 – 0.5 مم) و تجرى فى حمامات ملحية تركيبها : 75 – 80 ٪ Na_2CO_3، 10 – 15 ٪ NaCl، 6 – 10 SiC مع التسخين الى درجة 820 – 850 º و الابقاء لمدة تصل الى ساعة، و حسب التفاعل الاتى :

$$2NaCO_3 + SiC = Na_2Si_3 + Na_2O + 2CO + C$$

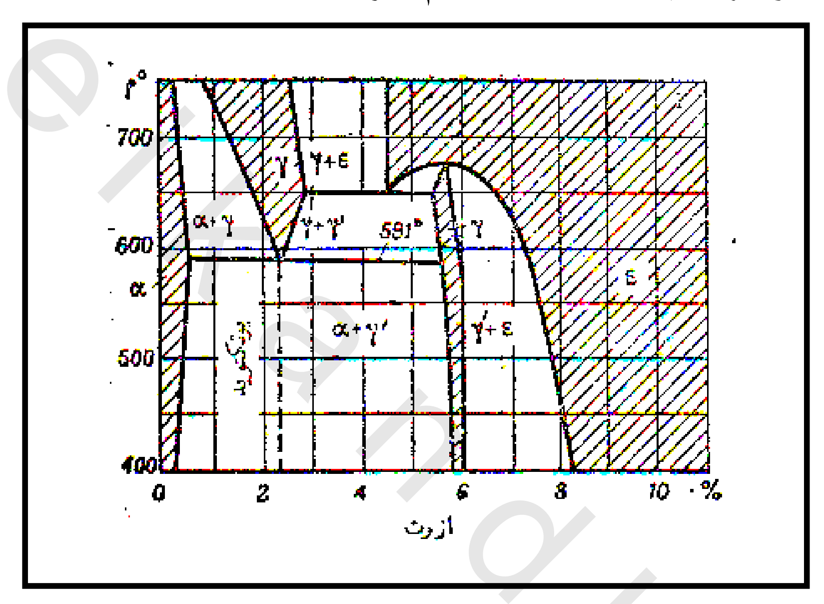
ويتكون اكسيد الكربون (CO) و الكربون الذرى (C) و يقومان بتشبيع الاجزاء بالكربون . و بعد اجراء عملية الكربنةتصلد الاجزاء مباشرة باخراجها من الحمام الى الماء او الزيت حسب نوع الصلب، ثم تراجع بعد ذلك .

2- **نتردة الصلب** :

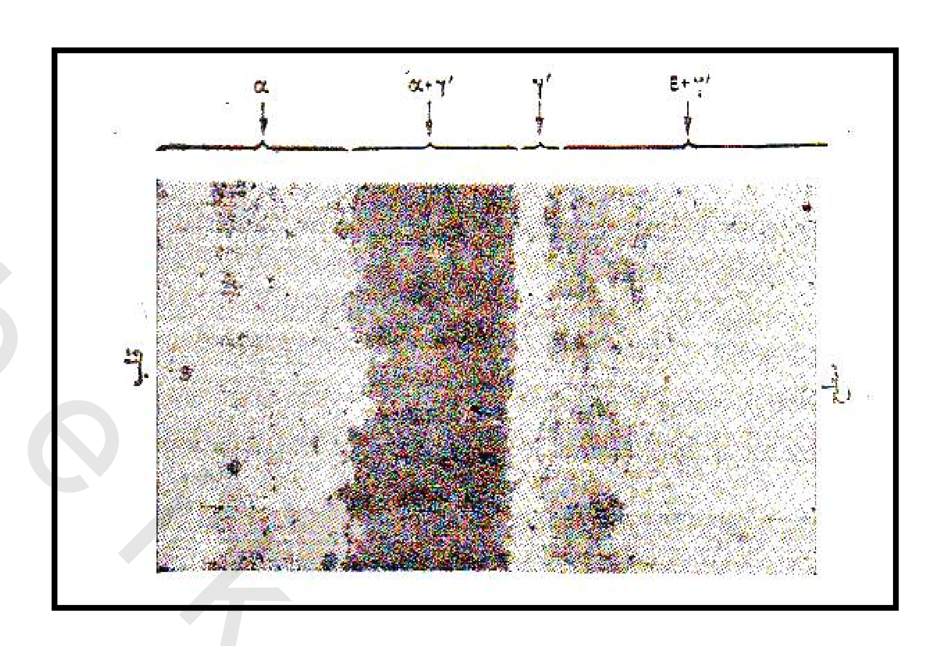
قام بدراسة نتردة الصلب و استعمالها العالم الروسى ن. ب. تشيجفسكى فى الفترة من 1907 – 1914 م، و الغرض من النتردة رفع صلادة و مقاومة الطبقة السطحية للجزء للتأكل و الصدأ بتشبيعها بالنيتروجين .

و تعامل الاجزاء بالنتردة بعد معاملة حرارية اولية (تصليد و مراجعة عالية) و ذلك فى فرن لافع (عند درجة 500 – 520 ^{o}) تدخل به الامونيا، و تتحلل الامونيا عند هذه الدرجات مكونة نيتروجينا ذريا حسب التفاعل $NH3= N+3H$ ويمتص سطح الصلب النيتروجين الذرى الذى ينتشر فى شبكة حديد – α مكونا فيريتا نيتروجينيا فى الطور α – (N) $Fe\alpha$ تركيزه الاقصى 0.42 ٪ عند درجة 591 ^{o} (شكل 72) . و اوستنيتيا نيتروجينيا فى الطور γ – (N) $Fe\gamma$ نسبة النيتروجين القصوى به 2.75 ٪ و يتحول عند درجة حرارة 591 ^{o} الى يوتكتويد يشبه البيريت يتكون من الطورين α و γ، و الطور γ الذى يتكون عندئذ هو عبارة عن المركب الكيميائى Fe_4N و هو نتريد يحتوى على 5.9 ٪ من النيتروجين و يظهر ايضا فى نتيجة الطور ε – المركب الكيميائى Fe_2N وهو نتريد يحتوى على 11.2 ٪ من النيتروجين، وبشكل (73) اوردنا بنية الطبقة المنتردة . و لا تعطى نتردة الصلب الكربونى صلادة عالية، ولذلك تصنع الاجزاء التى تنترد من صلب

خاص مثل الصلب 35XMIOA و يحتوى على الكروم و المولبدينيوم و الالومنيوم، و تكون هذه العناصر نتريدات مستقرة منتشرة ترفع من صلادة الطبقة السطحية الى HV =1200، و يتوقف سمك الطبقة المنتردة على درجة الحرارة و طول مدة العملية، فتتطلب نتردة طبقة سمكها 0.15- 0.30 مم عند درجة حرارة 500- 520° نحو 24 ساعة و نتردة طبقة سمكها 0.4 مم نحو 48 ساعة .



شكل رقم 72 ، بيانى حالة النظام حديد – نيتروجين



شكل رقم 73 ، البنية الميكروسكوبية للطبقة المنتردة من الحديد :
درجة حرارة النتردة 600 ^{o} ، مدتها 43 ساعة ، العنصر الفعال – محلول
بنسبة5 ٪ لحامض البيكريك × 200 (ف. أ. ماسلنيكوف)

3- السيندة (المعاملة السيانية او النتروكربونية) :

السيندة عبارة عن عملية تسبيع سطح الصلب بالكربون و النيتروجين فى وقت واحد لزيادة صلادته و مقاومته للتآكل . و تستعمل عمليا طريقتان للسيندة هما :

أ - الطريقة السائلة :

و تجرى عند درجة 820 – 870 ^{o} مع ابقاء الاجزاء لمدة تصل الى الساعة فى حمام سيانيدى يحتوى على خليط من الاملاح تركيبها التقريبى : 45 ٪ NaCH، 35 ٪ Na2CO3، 20 ٪ NaCl، وتجرى بالحمام التفاعلات الاتية :

$$2NaCN + O_2 = 2NaCNO$$

$$2NaCNO + O_2 = Na_2CO_3 + CO + 2N$$

$$2CO = CO_2 + C$$

و يقوم الكربون و النيتروجين الذريان بتشبيع الطبقة السطحية للصلب بالكربون و النيتروجين على عمق يصل الى 0.25 مم، و بعد سيندة الجزء يبرد الى الدرجة المثلى للتصلد ، و يبرد فى الماء او الزيت حسب نوع الصلب، و بعد التصلد ، و يبرد فى الماء او الزيت حسب نوع الصلب، و بعد التصليد تراجع الاجزاء عند درجة 160 – 180 ^{o} .

2- السيندة السائلية العميقة :

و تستعمل بدلا من الكربنة للحصول على طبقة نتركربونية سمكها تصل الى 0.2٪ عندما تكون درجة حرارة الحمام 930 – 950 ^{o} مع ابقاء الاجزاء لمدة 6 ساعات . و يكون تركيب سائل الحمام فى العادة للسيندة العميقة كالآتى : 6 ٪ NaCH، 84٪ BaCl2، 10 ٪ NaCl، و نتيجة للتفاعل :

$$2NaCN + BaCl \rightleftharpoons Ba(CN)_2 + 2NaCl$$

$$Ba(CN)_2 \rightleftharpoons BaCN_2 + C$$

$$BaCN + O_2 \rightleftharpoons BaO + CO + 2N$$

و تتكون كمية كافية من الكربون الفعال تقوم بكربنة الصلب . و تصلد الاجزاء بعد معاملتها و تغسل و بعناية لازالة الاملاح السيانية تماما ، ثم تراجع عند درجة حرارة منخفضة .

3- السيندة الغازية (النتروكربنة) :

و هى تشبيع الطبقة السطحية للاجزاء بالكربون و النيتروجين فى وسط غازى يتكون من 70 – 80 ٪ من غاز مكربن و 20 – 30 ٪ من الامونيا مع التسخين لدرجة 850 – 900 ^{o} . ومدة العملية اللازمة للحصول على طبقة سمكها 0.3 – 0.5 مم 3 ساعات، 0.5 – 0.7 مم

6 ساعات، و للطبقة التى سمكها 0.7 – 0.9 مم 8 ساعات، و بعد المعاملة النتروكربونية تصلد الاجزاء و تراجع .

و هناك بالاضافة الى الطرق المذكورة للمعاملة السيانية عند درجات الحرارة العالية طريقة للمعاملة السيانية عند درجات الحرارة المنخفضة (سائلية و غازية) عند درجة 540 – 570 ^{o} للألآت من انواع الصلب سريعة القطع لتحسين خواصها القاطعة و مقاومتها .

4- **المعدنة الانتشارية** :

تشبع الطبقة السطحية للاجزاء لمنحها مقاومة عالية للقلويات و الحرارة و الصدأ و التآكل و لرفع صلادتها بمعادن مختلفة : كالألومنيوم و الكروم و السليكون و غيرها ، و تسمى المعاملة الكيميائية الحرارية فى هذه الاحوال بالمعدنة الانتشارية و يمكن اجراء المعدنة الانتشارية مثلها فى ذلك مثل الانواع التى بحثناها اعلاه من المعاملة الكيميائية الحرارية فى الاوساط الصلبة او السائلة او الغازية .

أ - الألمنة :

و هى تشبيع سطح الجزء المصنوع من الصلب او غيره من المعادن بالالومنيوم و يجرى هذا لزيادة مقاومته للحرارة . و تجرى الالمنة الصلبة كالكربنة فى وسط صلب لناديق كربنة فتعبأ الاجزاء فى خليط من 49 ٪ فيروالومنيوم و 49 ٪ اكسيد الالومنيوم و 2٪ من النشادر . وتبقى الصناديق المعبأة فى الفرن عند درجة 950 – 1000 ^{o} لمدة 4 – 15 ساعة . و تبرد بالفرن الى درجة 500 – 400 ^{o}، و بعد ذلك تبرد فى الهواء . و تحدث اثناء هذه العملية التفاعلات الاتية

NH4Cl = NH3 + HCl

$6HCl + 2\ Al = 2AlCl + 3H$

$Fe + AlCl2 = FeCl3 + Al$

$Al + Fe\gamma = Fe\gamma\ (\ Al\ ) = Fe\alpha\ (\ Al\ )$

ويتكـون نتيجـة للتفاعـل (ب) الومنيـوم ذرى يكـون حسـب التفاعل (د) محلولا صلبا للالمنيوم فى الحديد ، و يتوقف سمك الطبقة المؤلمنة (المعاملة بالالومنيوم) على درجة التسخين و مدة الابقاء و هو عادة يتراوح من 0.3 – 0.5 مم عند استعمال الجزء عند درجات حرارة عالية يتكون على سطحه غشاء متين من اكاسيد الاومنيوم $Al2O3$ تحمى المعدن من استمرار التأكسد .

و تستعمل عمليا بنجاح الالمنة السائلية فى حمام من اﻻلومنيوم المصهور مع اضافة كلوريد الالومنيوم اليه، و الالمنة الغازية فى وعاء مع الكلوريدات $AlCl3$ و لتجنب قصافة الاجزاء المعاملية بالالومنيوم تلدن هذه الاجزاء تلدينا انتشاريا عند درجة 900 – 950 ° .

2- المعاملة الانتشارية بالكروم:

ويمكن اجراؤها مثل الالمنة فى الاوساط الصلبة او السائلة او الغازية، المحتوية على كلوريد الكروم $CrCl2$، و تجرى هذه العملية عادة عند درجة 900 – 1000 ° مع ابقاء الاجزاء عند هذه الدرجة لمدة 10 – 12 ساعة و يتكون نتيجة التفاعل : $Fe + CrCl2 = FeCl2 + Cr$

الكروم الذرى الذى ينتشر فى الصلب ذى نسبة الكربون المنخفضة محلول صلب للكروم فى الحديد ($Fe\alpha\ (Cr)$ ، اما فى الصلب المحتوى على نسبة عالية من الكربون فبالاضافة الى تشبع المحلول الصلب بالكروم تتكون كاربيدات الكروم $Cr7c3$. و تزيد

المعاملة الانتشارية بالكروم من مقاومة الاجزاء المصنوعة من الصلب و الزهر للصدأ و القلويات و التآكل، و تزيد من صلادتها .

3- السلكنة (المعاملة بالسليكون) :

اى تشبيع سطح الجزء بالسليكون، و يمكن اجراؤها فى الاوساط الصلبة و السائلة و الغازية، التى تحتوى على كلوريدات السليكون ($SiCl2$)، و يمكن بواسطة المعاملة الغازية بالسليكون عند درجة 1050^{o} لمدة ساعتين تسبيع السطح فى طبقة يصل سمكها الى 1 مم . و يتكون عند انتشار السليكون فى الصلب محلول صلب للسليكون فى الحديد (Si) Feα و تزيد المعاملة بالسليكون من مقاومة الاجزاء المصنوعة من الصلب و الزهر للصدأ فى الاوساط المختلفة – كماء البحر و احماض النيتريك و الكبريتيك و كلور الماء – كما تزداد مقاومتها للحرارة و التآكل .




الباب الحادى عشر
الصلب السبائكى و الزهر السبائكى



يسمي الصلب الذي يحتوي بالإضافة إلي الشوائب المستديمة من المنجنيز والسليكون والفسفور والكبريت بالنسبة المعتادة - - علي عنصر خاص أو أكثر، أو علي نسبة عالية من السليكون أو المنجنيز بالصلب السائكي وقد ساعدت نشأة صناعات السيارات والجرارات والطائرات وصناعة الأدوات والآلات وغيرها من الصناعات الميكانيكية الحديثة وتطورها علي إنتشار إستعمال الصلب السبائكي إذا أن خواص الصلب الكربوني لا تكفي بإحتياجات الصناعات الميكانيكية الحديثة في كل الأحوال ويسمي الصلب السبائكي حسب العنصر المضاف إلية فيقال مثلا : صلب كرومي أو منجنيزي أو سلكوني أو نيكل - كروم - موليديني . والغرض من إضافة هذه العناصر لصلب الإنشاءات هو زيادة مقاومة ومتانتة (وخاصة مقاومتة للصدمات) ومقاومتة للتأكل وقابليتة للتصليد كما تضاف لصلب العدد لتحسين خواص القاطعة وزيادة مقاومتة عند درجات الحرارة العالية .

1- **تأثير العناصر المضافة على خواص الصلب** :

1 – **العلاقة بين العناصر المضافة و المكون الاساسى للصلب – الحديد :**

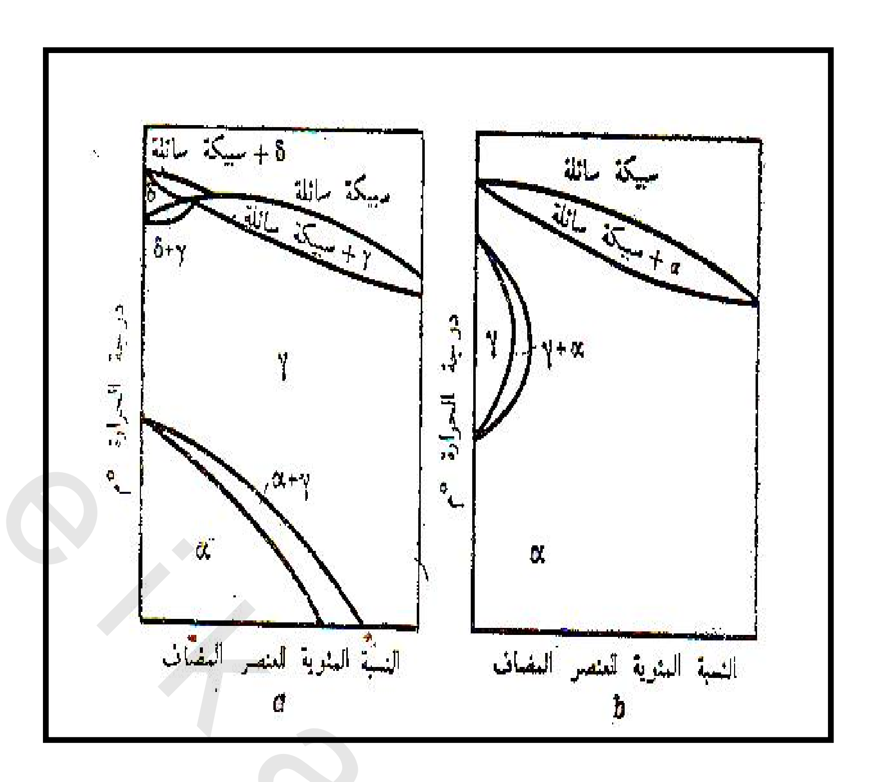
و تظهر فيما يلى : عند وجود بعض هذه العناصر Ni)، Mn، Co، (Cu فى سبيكة مع الحديد توسع نطاق منطقة حديد – γ و تخلق بذلك منطقة أضيق من حديد – α (شكل 74 – a) فى حين ان البعض الاخر (Cr، W، Mo، V، Si، Ti، Al) توسع منطقة حديد – α فتخلق بذلك منطقة مقفلة من حديد – γ ،

شـكل (b – 74) و يلاحـظ ان العناصـر التـى ترفـع النقطـة A4 ، توسـع منطقـة الحديـد – γ و تخفـض النقطـة A3 ، فـى حـين ان العناصر التى تخفض النقطة A4 و ترفع النقطة A3 تضيق من منطقة حديد – γ .

و تـذوب العناصـر (المعـادن) المضـافة فـى الفيريـت و الاوسـتنيت مكونة محاليل صلبة بالاحلال عند وجود تشابه بـين الشبـكات البلوريـة و صغر الفرق فى الاقطار الذرية الحديدية و العناصر المضافة .

و يقول أ. أ. كورنيلوف بأن القابلية للذوبان تكون غير محـدودة عنـدما لا يزيـد الفـرق فـى الاقطـار الذريـة بـين العنصـر المـذيب و العنصـر المذاب عن 8 ٪ و اذا انحصر الفرق من 8 – 15 ٪ تكون القابلية للذوبان محدودة ، و لـو كـان الفـرق اكـبر مـن 20 ٪ لا تتكـون المحـاللي الصـلبة عمليا .

و تكـون العناصـر اللافلزيـة ذات القطـر الـذرى الصـغير جـدا (B,C,N,O,H) محاليل تغلغل ، و تزيدعناصر السليكون و النيكـل و الكوبالت و المنجنيز و الكـروم و المولبـدنيوم و التنجستين و النيتروجين من متانة الفيريت عند ذوبانها فيه ، كمـا تزيـد مـن اسـتقرار الاوسـتنيت عند تبريده .



شكل رقم 74 ، رسم بيانى لانواع حالة لانظام السبائكى حديد – عنصرالاضافة، a) بمنطقة γ – موسعة . b) بمنطقة γ – ضيقة .

2– العلاقة بين عناصر المضافة بالصلب و كربونه :

و هى ذات شقين : فبعض هذه العناصر Cr)، Mn، Mo، W، V ، (Tiتكون مع كاربيدات بسيطة Cr23C4)، Cr4C، Cr7C3، Mo2C، WC)

و مركبات FeCr)7 C3)، FeCr)4 C)، FeW) 6)

C و يزيد هذان النوعان من الكاربيدات عند وجودهما فى الصلب من صلادته و مقاموته . فى حين ان عناصر مثل Ni, Si, Co, Al, Cu)، (Nلا تكون كاربيدات، بل ان Al، Si، Ni تساعد على تحلل

الكاربيدات (اى افراز الجرافيت) و خاصة فى انواع الصلب المحتوية على نسبة عالية من الكربون .

3– تأثير العناصر المضافة على وضع النقط الحرجة للصلب و على نسبة الكربون فى اليوتكتويد و الاوستنيت :

ترفع العناصر التى تضيق منطقة – γ و النقطة Ac1 فى حين تخفضها العناصر التى توسع هذه المنطقة (شكل 47) ز تسبب جميع العناصر المضافة انتقال النقطة S الى اليسار، اى انها تقلل نسبة الكربون فى البيرليت السبيكى .

كذلك تخفض العناصر، و بالذات تلك التى تضيق المنطقة – γ، من قابلية الكربون للذوبان فى الاوسنتيت، اة انها تنقل الخط ES ببيانى الاطوار الى اليسار.

4– تأثير العناصر المضافة على التحول الايزوثرمى للاوستنيت :

تزيد جميع العناصر فيما عدا الكوبالت من استقرار الاوستنيت بدرجة او بأخرى اذ تسبب انتقال منحنيات تحوله الايزوثرمى الى اليمين بالنسبة لم تكون عليه فى الصلب الكربونى، مما يسبب انخفاض السرعة الحرجة للتصليد و زيادة عمق التصليد بالصلب . و لهذا يمكن تصليد الصلب السبائكى مع سرعة منخفضة للتبريد(فى الزيت او حتى فى الهواء عند وجود نسبة عالية منالعناصر المضافة).

5– تأثير العناصر المضافة على التحول المارتنسيتى :

أثبتت ابحاث ف. أز زيوزين و ف. د. سادوفسكى و س. أ. بارانتشوك ان معطم العناصر المضافة تخفض درجة حرارة بدء التحول المارتنسيتى فى الصلب المحتوى على 0.9 – 1.0 ٪ كربون (شكل 75

a –) و تزيد كمية الاوستنيت المتبقى (شكل 75 - b)، فلو كانت نسبة المنجنيز فى الصلب 5 ٪ لانخفضت نقطة بدء التحول المارتنسيتى الى الصفر . و فى مثل هذه الانواع من الصلب نحصل على كمية كبيرة من الاوستنيت المتبقى بعد التصليد و ترفع بعض العناصر على العكس من ذلك Al)، (Co نقطة بدء التحول المارتنسيتى و تقلل نسبة الاوستنيت المتبقى، و تخفض معظم العناصر المضافة درجة نهاية التحول المارتنسيتى ولكن بدرجة اقل من تخفيضها لدرجة حرارة بدء التحول .

6– خصائص المعاملة الحرارية للصلب السبائكى :

لما كان الصلب السبائكى أردأ توصيلا للحرارة فانه يجب تسخينه و تبريده بانتظام و بطء اكثر حتى لا تتكون به اجهادات داخلية كبيرة او شقوق او اعوجاجات .

و انواع الصلب السبائكى (فيما عدا المنجنيزة منها) عادة ذات حبيباتصغيرة للاوسنتيت، مما يقلل من قابليتها لتجاوز التسخين .

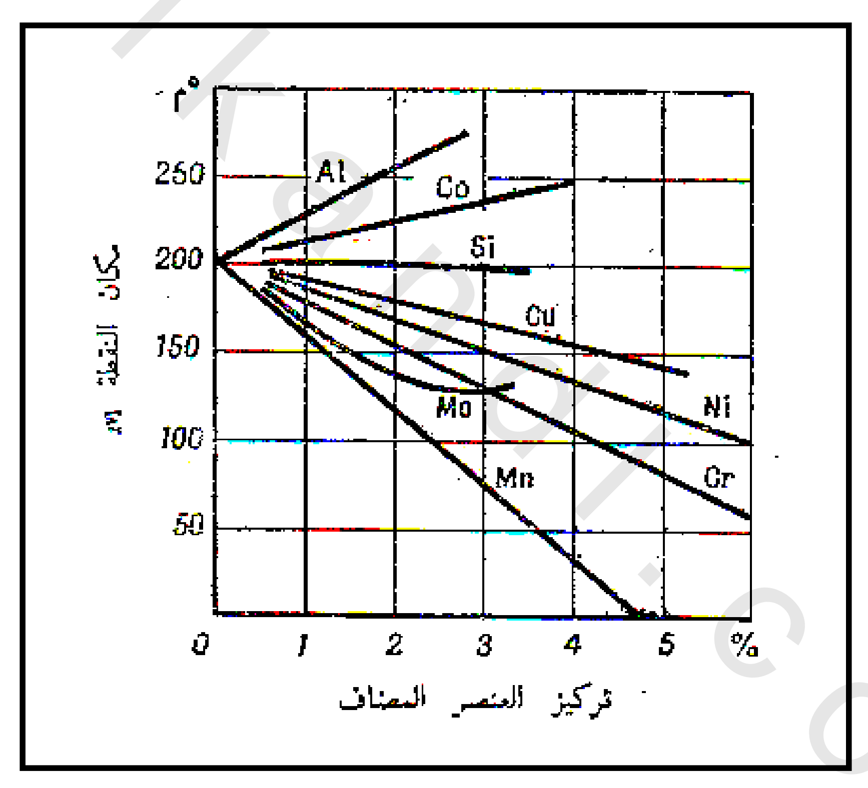
اا عند المراجعة فان العناصر المضافة لا تؤثر كثيرا على نتائج التحول الاول و لكنها ترفع كثيرا من درجة التحول الثانى – اى تحلل الاوسنتيت المتبقى .

و يلاحظ عند مراجعة بعض انواع الصلب السبائكى مثل النيكل – كرومى و المنجنيز – كرومى انخفاض مفاجىء لمقاومة الصدمات ak، و تسمى هذه الظاهرة بتقصف المراجعة . **وهناك نوعان من تقصف المراجعة :**

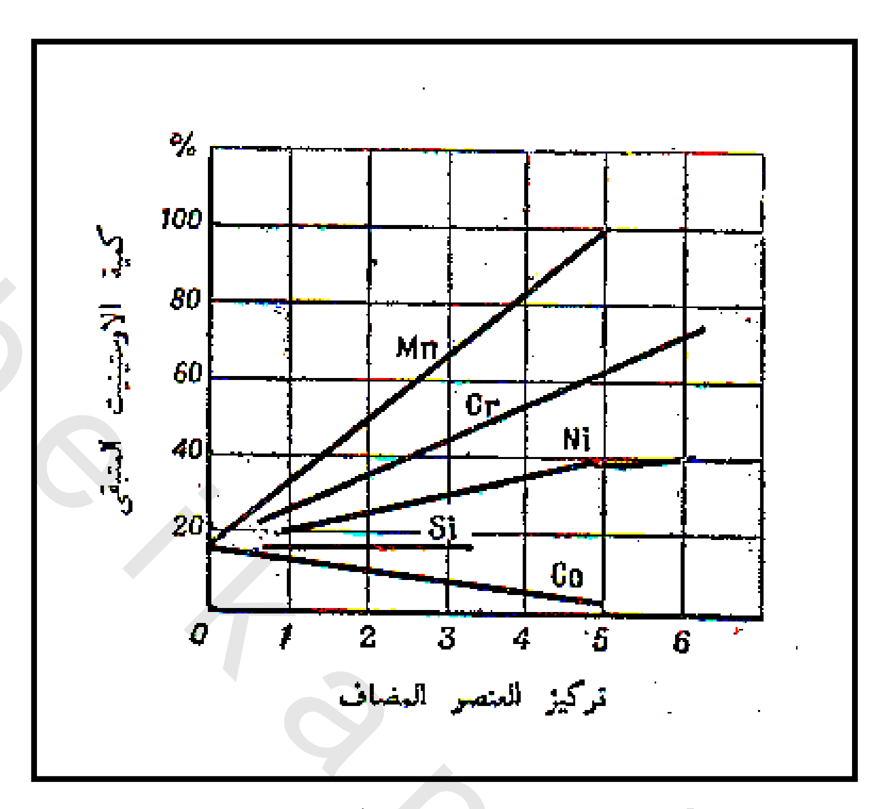
النوع الاول ويحدث عند المراجعة المنخفضة (260 – 325 ^{o}) .

و النوع الثانى و يحدث عند المراجعة العالية (450 – 550 °) .
و يفسر تقصف النوع الاول بتحول الاوستنيت المتبقى الى مارتنسيت .

و السبب فى النوع الثانى من التقصف هو افراز جزيئات بالغة الدقة من الكاربيدات و النيتريدات و الاكاسيد من المحلول – α تستقر على حدود الحبيبات . و تميل انواع الصلب المضاف اليها Mn,Ni,Cr الى تقصف المراجعة من النوع الثانى بينما تقاومها اضافات Ti,W,V,Mo . و يجب لتلافى تقصف المراجعة من النوع الثانى تبريد الاجزاء بسرعة بعد المراجعة العالية .



a) و كمية الاوستنيت المتبقى



b) انواع الصلب المحتوية على 1 ٪ كربون

شكل رقم 75 ،تأثير عناصر الاضافة على وضع نقطة التحول المارتنسيتى

2- تصنيف انواع الصلب السبائكى :

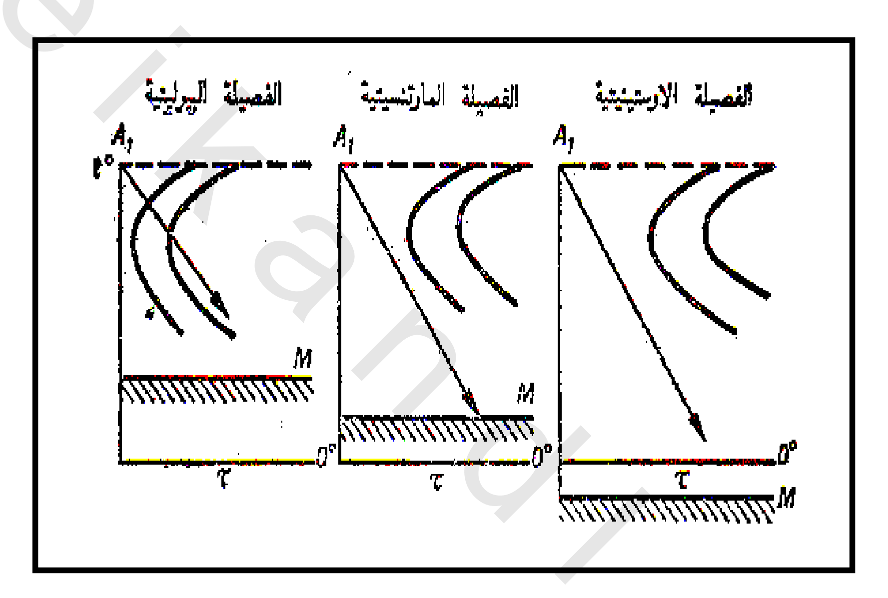
تقسم انواع الصلب السبائكى حسب بنيتها او تركيبها او استعمالها .

تصنيف انواع الصلب حسب بنيتها :

بينا مسبقا تأثير العناصر المضافة على النقط الحرجة Ac3 وAcm و بنية الصلب . و هناك ستة انواع من الصلب حسب بنيتها بعد الاستعدال : بيرليتى، مارتنسيتى، أوستنيتى، كاربيدى، ليديبوريتى،

فيريتى . و تبين الرسوم البيانية للتحول الايزوثرمى للاوستنيت تكون الانواع الاولى الثلاثة بمجرد النظر و بالرسم كذلك منحنيات التبريد عند الاستعدال (التبريد فى الهواء)

و يقع المنحنى شكل – C قريبا جدا من بداية الاحداثيات فى الصلب المحتوى على نسبة منخفضة من العناصر المضافة (عدم استقرار الاوستنيت) بحيث ان منحنى التبريد يقطعه فى منطقة تكون خليط الفيريت و السمنتيت اى البيرليت (شكل 76) .



شكل رقم 76 ، رسم بيانى للتحلل الايزوثرمى للاوستنيت لثلاثة انواع من الصلب

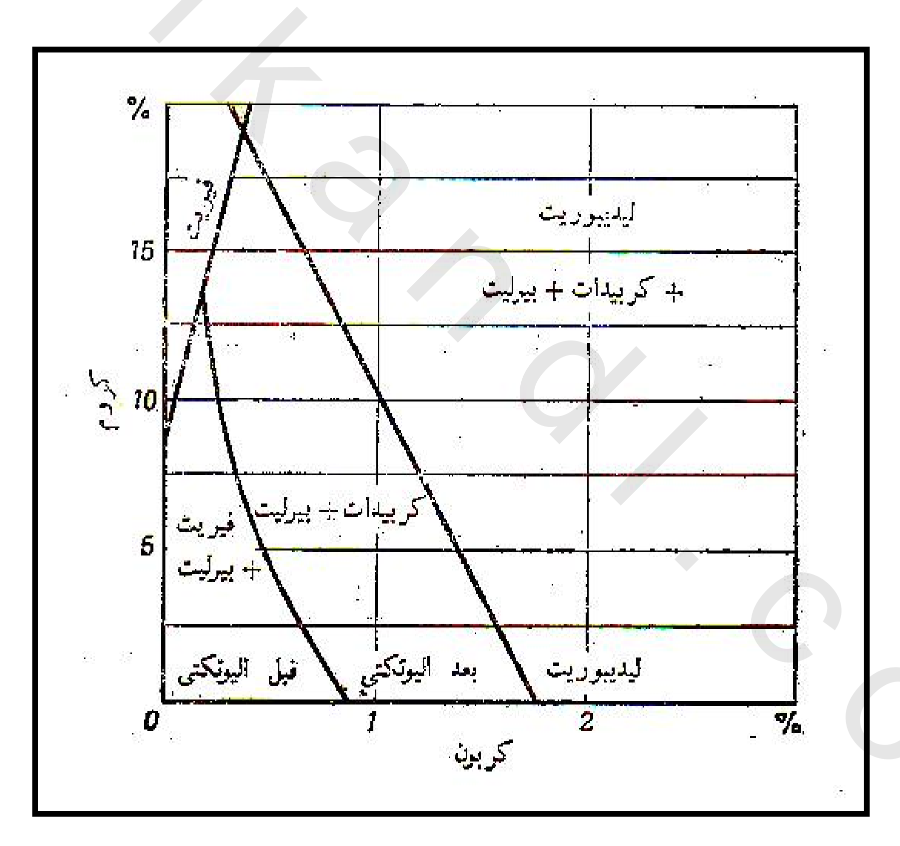
اما فى الصلب المحتوى على نسبة كبيرة من العناصر المضافة فان المنحنى شكل – C يكون الاوستنيت المتجاوز التبريد حتة النقطة بداية التحول المارتنسيتى و تحفظ بنية المارتنسيت . و فى انواع الصلب المحتوية على نسبة كبيرة من عناصر Mn, Ni يكون المنحنى شكل

C – منقولا الى اليمين و نقطة بداية تحول المارتنسيتى منقولة الى اسفل درجة حرارة الغرفة . فلا يقطع منحنى التبريد عند الاستعدال المنحنى شكل – C و لكنه لا يصل الى نقطة بداية التحول المارتنسيت و بذلك تبقى البنية الاوستنيتية .

عندما تكون نسبة الكربون و العناصر المكونة للكاربيدات (Cr, W, Mo,V) عالية بالصلب فانه يمكن ان تكون ببنيته كثير من الكاربيدات . و بشكل (77) اوردنا على سبيل المثال بيانى البنية للصلب الكرومى : فعندما تكون نسبة الكربون و الكروم كبيرة نحصل على صلب من الانواع الكاربيدية و الليديبوريتية و لو كانت نسبة الكربون صغيرة و نسبة الكروم كبيرة – لحصلنا على صلب من النوع الفيريتى (شكل 77) – الركن الايسر العلوى . و هكذا فان انواع الصلب السبائكى تقسم حسب بنيتها بعد الاستعدال الى ستة انواع: الفيريتى، المارتنسيتى، الاوستنيتى، الكاربيدى، الليديبوريتى، البيرليتى .

ترقيم انواع الصلب السبائكى حسب المواصفات القياسية السوفييتية رقمى – حرفى . فتدل الحروف على العنصر المضافة : X – كروم، T – منجنيز، H – نيكل، Φ – فاناديوم، M – موليبدنيوم، B– ولفرام (تنجستين)، IO – الومنيوم، C - السليكون، Д – النحاس، K – الكوبالت . و تدل الارقام الموجودة فى اول مكان لماركات صلب الانشاءات على متوسط نسبة الكربون بالاجزاء المئات فى المائة كما يدل الرقم الواحد فى ترقيم انواع صلب العدة و كذلك انواع الصلب السبائكى الخاص على متوسط نسبة الكربون بالاجزاء العشرية فى المائة . و تكتب نسبة العناصر المضافة لو زادت عن 1 ٪ بعج

الحرف الدال عليها بالاعداد الصحيحة فى المائة . فيقال مثلا صلب ماركة 12XH3 وهذا يعنى ان هذا الصلب نيكل – كرومى نسبة الكربون به نحو 0.12٪ و نسبة الكروم 1 ٪ و نسبة النيكل 3 ٪ و يدل الحرف A فى نهاية الماركة على ان الصلب عالى الجودة، اى ان نسبة الشوائب الضارة به – S و P – منخفضة (لا تزيد عن 0.03 ٪ لكل منهاما) فالصلب 12X2H4A مثلا يحتوى على 0.12 ٪ تقريبا من الكربون و نحو 2 ٪ كروم و 4 ٪ نيكل و اقل من 0.03 ٪ P واقل من 0.03 ٪ S .



شكل رقم 77 ، رسم بيانى لبنيان الصلب الكرومى

و لبعض انواع الصلب السبائكى مجموعات خاصة حسب المواصفات القياسية السوفييتية و لها حروف خاصة فالحرف A – يعنى أوتوماتيكي، A20 مثلا، و الحرف III – يعنى لكراسى المحاور الكروية مثل IIIx15 (و يحتوى على 15 ٪ Cr) و الحرف P - يعنى صلب سريع القطع مثل P18 و يحتوى على 18 ٪ W ، و الحرف E – و يعنى صلب مغناطيسى مثل EX3 و به 3 ٪ تقريبا من الكروم .

تصنيف الصلب حسب تركيبه :

تقسم انواع الصلب السبائكى حسب العناصر المضافة بها الى صلب نيكلى و كرومى و سليكونى و نيكل – كرومى و منجنيز – كرومى وما أشبه .

و يقسم الصلب حسب استعماله الى 3 مجموعات :

1- صلب انشاءات ويستعمل لاجزاء الماكينات و العناصر المنشآت .

2- صلب عدة و تصنع منه القاطعة و الآت القياس و الاسطمبات .

3- صلب ذى خواص طبيعية او كيميائية خاصة .

3- **صلب الانشاءات السبائكى** :

يجب ان تكون انواع صلب الانشاءات السبائكى المستعملة لصناعة الانواع المختلفة من اجزاء الماكينات و المنشآت عالية المقاومة و المتانة .

و تنقسم انواع صلب الانشاءات حسب نسبة الكربون الى :

1) كربنة و هو الذى يحتوى على الكربون بنسبة تتراوح من 0.1 – 0.25٪

2) صلب محسن و يحتوى على 0.30 – 0.55 ٪ كربون .

1– صلب الكربنة (الصلب الكربونى منخفض نسبة الكربون) :

(الماركات 20، 15، 10) و يستعمل للاجزاء الصغيرة التى لا تتعرض لصدمات قوية .

* الصلب المنجنيزى : (من الماركات 20T، 15T)و يصبح نتيجة للكربنة و التصليد و المراجعة ذى قشرة عالية الصلادةو قلب متين (مقاوم للصدمات) .

و قابلية هذه الانواع للتشغيل احسن من قابلية الصلب الكربونى و تستعمل لصنعاة بنز المكابس و التروس . و تتكون فى الصلب المنجنيزى عند الكربنة حبيبات كبيرة من الاوستنيت و لهذا يجب تصليده مرتين .

* الصلب الكرومى : (من الماركات 20X، 15X) ويستعمل على نطاق واسع لصناعة التروس و البنز و اعمدة الكامات المكربنة . و يميل هذا الصلب الى تكوين سبكة من السمنتيت و الى نمو الحبيبات فيجب مراعاة ذلك عند تقرير نظام المعاملة الحرارية .

الصلب النيكل – كرومى (ماركات 12XH3A، 12X2H4A) و يستعمل لصناعة الاجزاء المكربنة المحملة تحميلا عاليا . و عندما تكون حبيبات الاوستنيت دقيقة (رقم 2 – 8) تصلد الاجزاء بتبريدها مباشرة بعد الكربنة او المعاملة السيانية .

* الصلب الولفرام – نيكل – كرومى (18XHBA) والمولبدنيوم – نيكل – كرومى (18XHMA) : و هما ذا مقاومة

قصوى عالية و متانة و مقاومة عالية للكلال، و تستعملان لصناعة الاجزاء المكربنة الهامة .

و تحتوى الطبقة المكربنة بعد التصليد على بعض الاوستنيت المتبقى مما ينقص من صلادة السطح و مقاومته للتآكل . و لتجنب وجود الاوستنيت المتبقى تعامل الاجزاء المكربنة احيانا عند درجات حرارة اقل من الصفر . و الصلب المنجنيز – تيتان – كرومى (18XTT) ذو حبيبات اوستنيت دقيقة (رقم 6 – 8) و لا يميل لتجاوز التسخين . و لهذا فالاجزاء المصنوعة من هذا الصلب (التروس) تصلد بعد الكربنة فى الزيت بتبريدها الى درجة 840 °، تكون فى الطبقة المكربنة مارتنسيت و فى القلب تروستو – سوربيت .

2– صلب الانشاءات السبائكى المحسن :

تعامل اجزاء الماكينات معاملة حرارية على شكل تصليد ثم مراجعة عالية (تحسين) او تصليد سطحى التسخين بالتيار عالى التردد ، و ذلك لتجهيز انشاءات خفيفة عالية المتانة ، و للحصول بها على بنية من سوربيت المراجعة . و يحتوى الصلب المستعمل فى هذه الاحوال على 0.30 – 0.65 ٪ كربون . و يستعمل للاحزاء ذات المقطع الصغير الصلب الكربونى، اما للاجزاء ذات المقطع الكبير فيستعمل الصلب السبائكى نظرا لانخفاض اصلادية الصلب الكربونى .

* الصلب الكربونى : (الماركات 45، 40، 35) ذو متانة عالية فى الحالة المحسنة و يستعمل لصناعة الاجزاء التى تصلد سطحيا بالتيار عالى التردد .

❖انواع الصلب الكرومى : (الماركات 45X، 40X) و النيكل – كرومى (الماركات 40XH – 37XH3A) و هى ذات

اصلادية عالية ، و يستعمل على نطاق واسع لانتاج مختلف الاجزاء التى تعامل بالتحسين و التصليد السطحى التام .

* الصلب المولبدنيوم – نيكل – كرومى (40XHMA) و المنجنيز- تيتان – كرومى (40XTT) : و يستعملان لصناعة الاجزاء المحملة تحميلا عاليا و التى تتطلب مقاومة عالية للكلال .

* انواع الصلب الكربونى 65 و 85 و السليكونى 55C2 و 60C2 و المنجنيزى 60T و 65T و السليكون – منجنيزى 55CT و المنجنيز – كرومى 50XT و الفاناديوم – كرومى 50XΦA و تستعمل عادة لصناعة النوابض و السست فى الحالة المصلدة المطبعة عند 400 – 500 ^{o} و يكون حد المرونة للنوابض و السست المصنوعة من هذه الانواع من الصلب عاليا نتيجة لهذه المعاملة . و تميل انواع الصلب الكرومية و النيكل – كرومية و السليكون – منجنيزية و المنجنيز – كرومية الى تكوين تقصف عند المراجعة و لذلك يجب تبريدها بسرعة من درجة حرارة المراجعة العالية .

4- **صلب العدة** :

تنقسم الألات المستعملة عمليا الى ثلاثة مجموعات : الالآت القاطعة و آلات القياس و الاسطمبات .

و يستعمل للألآت القاطعة صلب عالى الصلادة (اعلى من 60RC) و المقاومة عند درجات الحرارة العالية فى حالته بعد المعاملة الحرارية ، اما آلات القياس فيجب ان تحتفظ بمقاييسها ، و لذا يجب ان يكون الصلب المستعمل لصناعتها مقاومة للتأكل . و تتطلب ظروف عمل الاسطمبات ان يكون الصلب المستعمل لصناعتها الصلادة و المتانة

العـاليتين . و تسـتعمل لصـناعة الانـواع المختلفـة مـن الالآت انـواع الصـلب الاربعة التالية :

1) صلب العدة الكربونى

2) صلب العدة السبائكى .

3) صلب اسطمبات .

4) صلب سريع القطع .

1) صلب العدة الكربونى :

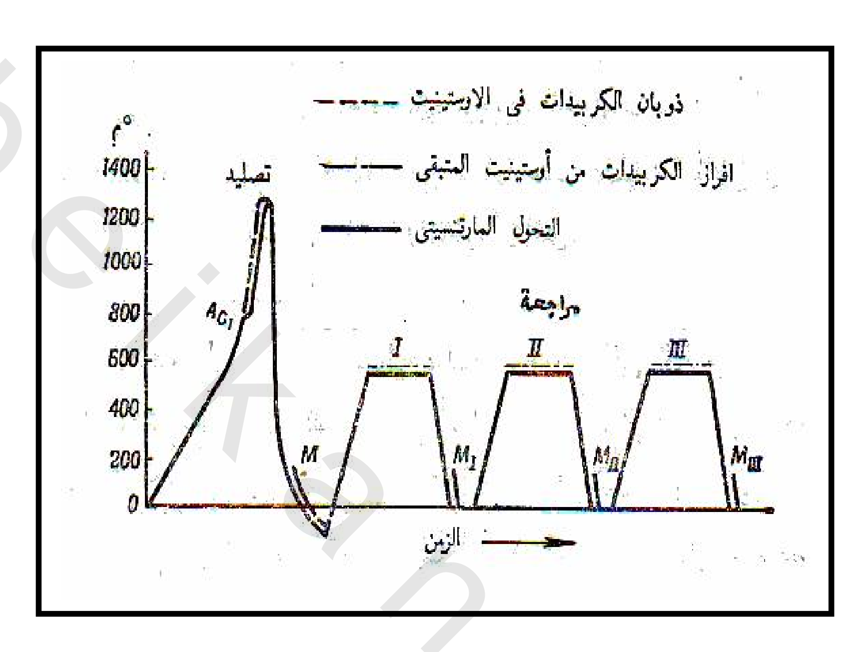
و يكون عند توريده ذا بنية من البيرليت الحبيبى . و هو سهل التشغيل على المخارط و يستعمل لصناعة الالآت القاطعة و آلات القياس و الاسطمبات . وتتوقف خواصه على نسبة الكربون و المعاملة الحرارية المجراة له . و تختاردرجة حرارة التصليد لصلب العدة الكربونى حسب بيانى Fe – Fe3C (شكل 55) و يبرد فى الماء . و نحصل نتيجة للتصليد على ابنيات التالية :

فى الصلب y8 ، y7 – مارتنسيت و فى الصلب y9, y10, y11, y12,y13 – مارتنسيت و اسمنتيت . و تحدد درجة حرارة المراجعة حسب الصلادة العاملة المطلوبة للآلة .

2) صلب العدة السبائكى (جدول رقم 7) :

و هو اكثر صلادة و مقاومة للتآكل من الصلب الكربونى نظرا لوجود العناصر المكونة للكاربيدات به : V ، W ، Mn ، Cr و يصلد الصلب السبائكى فى الزيت، و فى المواصفات القياسية السوفييتية تركيب الماركات التقليدية من صلب العدة السبائكى و

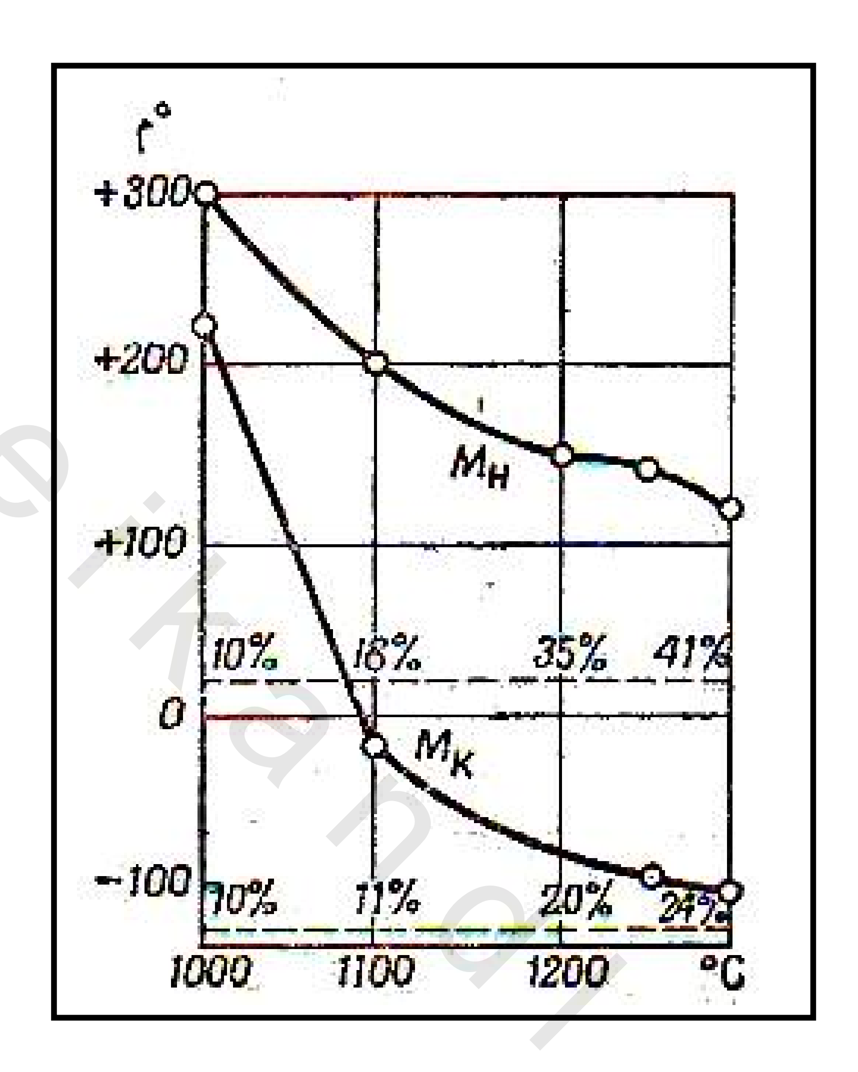
نظم معاملتها الحرارية . و تحدد درجة حرارة المراجعة حسب الصلادة العاملة المطلوبة للآلة



(شكل رقم 78) رسم تخطيطي للنظام الحراري للتصليد والمراجعة الثلاثي للصلب السريع P18

ماركات بعض أنواع صلب العدة السباكي

ماركة الصلب	التركيب الكيميائي، %					درجة الحرارة، °م		الوسط المستخدم للتصليد
	C	Mn	Si	Cr	W,V,Ni,Ti	التخمير	التصليد	
9XC	٠,٩٥—٠,٨٥	٠,٤٠	١,٦٠—١,٢٠	١,٢٥—٠,٩٥		٨٤٠—٨٢٠	٨٧٠—٨٥٠	زيت
XГ	١,١٥—١,٣٠	٠,٧٠—٠,٤٥	٠,٤٠	١,٦٠—١,٣٠		٨٠٠—٧٨٠	٨٥٠—٨٢٠	〃
XBГ	١,٠٥—٠,٩٠	١,١٠—٠,٨٠	٠,٤٠	١,٢٠—٠,٩٠	W ١,٦٠—١,٢٠	٨٠٠—٧٨٠	٨٥٠—٨٢٠	〃
X12	٢,٣٠—٢,٠٠	٠,٣٥	٠,٤٠	١٣,٠٠—١١,٥٠		٨٠٠—٧٨٠	١٠٠٠—٩٧٥	〃
ШX15	١,١٥—١,٠٠	٠,٤٠	٠,٤٠	١,٦٠—١,٣٠		٨٠٠—٧٨٠	٨٤٠—٨٢٠	〃
X12Ф1	١,٧٠—١,٤٥	٠,٤٠	٠,٤٠	١٢,٥٠—١١,٠٠	V ٠,٩٠—٠,٧٠	٨٠٠—٧٨٠	١٠٨٥—١٠٦٥	〃
7X3	٠,٧٥—٠,٦٠	٠,٤٠	٠,٣٠	٣,٨٠—٣,٢٠		٨٠٠—٧٨٠	٨٧٠—٨٥٠	〃
3X2B8	٠,٤٠—٠,٣٠	٠,٤٠	٠,٣٥	٢,٧٠—٢,٢٠	W ٩,٠٠—٧,٥٠	٨٧٠—٨٥٠	١٠٠٠—٩٧٠	〃
4XB2C	٠,٤٤—٠,٣٥	٠,٤٠	٠,٩٠—٠,٦٠	١,٣٠—١,٠٠	W ٢,٥٠—٢,٠٠	٨٦٠—٨٥٠	٩٠٠—٨٥٠	〃
5XHM	٠,٦٠—٠,٥٠	٠,٨٠—٠,٥٠	٠,٣٥	٠,٨٠—٠,٥٠	Ni ١,٥٠—١,٤٠	٨٤٠—٨٣٠	٨٦٠—٨٤٠	〃
5XHT	٠,٦٠—٠,٥٠	٠,٨٠—٠,٥٠	٠,٣٥	١,٢٥—٠,٩٠	Ni ١,٨٠—١,٤٠ Ti ٠,١٥—٠,٠٨	٨٠٠—٧٨٠	٨٦٠—٨٤٠	〃
4X8B2	٠,٤٥—٠,٣٥	٠,٤٠—٠,٢٠	٠,٣٥	٩,٠٠—٧,٠٠	W ٣,٠٠—٢,٠٠	٨٥٠—٨٢٠	١٠٠٠—٩٠٠	〃



(شكل رقم 79) درجة حرارة بدائية (Ma) ونهاية (Mk) التحويل المارتنسيتي وكمية الأوستنيت المتبقي وعلاقتها بدرجة حرارة التصليد الصلب P18

ويستعمل الصلب X، 9XC، XP، XBP للآلات التي تتطلب صلادة ومقاومة للتأكل عليتين مثل المثقاب والفرايز وكفألت ذكر القلاووظ ومحددات القياس وأسطمبات للكبس علي البارد\ ، وتصنع من الصلب X12Φ1 الذي يحل محل الصلب الذي يصعب الحصول علية X12M للآلات الهامة ذات الصلادة العالية والمقاومة للتأكل وقليلة التغير في شكلها عند التصليد : كالترتر وآلات المشد (البروش) واسطمبات الثني والسحب والقص.

3) صلب الإسطمبات :

لصناعة الإسطمبات يستعمل صلب العدة السبائكي المذكور أعلاة، كما تستعمل اماركات الخاصة من الصلب الإسطمبات .

7X3, 5XHM, 5XHT, الخ وتركيبها واضح من الترقيم . ويستعمل الصلب 7X3 وهو جيد الاصلادية و مقاومة للتآكل و لكن مقاومته عند الصدمات غير عالية – يستعمل لصناعة اسطمبات الكبس على الساخن.

و يستعمل الصلب المحتوى على نيكل – 5XHT، 5XHM، ذو المتانة العالية عند الصدمات و الاصلادية العميقة لصناعة اسطمبات الحدادة (المطارق) .

و يستعمل الصلب 3X2B8، 4X8B2، 4XB2C ذى المقاومة الكبيرة عند درجات الحرارة العالية لانتاج الاسطمبات الثابتة و المستعملة للكبس السطحى على الساخن .

4) الصلب السريع القطع :

و يستعمل على نطاق واسع لصناعة الألآت القاطعة ذات الصلادة العالية و المقاومة عند درجات الحرارة العالية، و قد اوردنا بجدول (8) تركيب الماركات القياسية للصلب السريع القطع .

و يعتبر الصلب السريع القطع من النوع الليديبوريتى اذ يتكون بنيته فى الحالة المسبوكة من اليوتكتى الليديبوريتى و الاوستنيت او نواتج تحلله . و يوجد بالصلب P18 الكاربيد Fe2W2C فقط و يكون الكروم و الفاناديوم ذائبين فى الفيريت و الكاربيد . و فى الصلب P9 يوجد بالاضافة الى الكاربيد Fe2W2C الكاربيد VC . و لهذا فالخامات المعدة لصنع الالة تطرق لتكسير اليوتكتى . و بعد الطرق تلدن الخامة بالتسخين الى 850 – 900 ^{o} مع التبريد ببطء او الابقاء ايزوترميا عند درجة حرارة 720 – 750 ^{o} ز نحصل نتيجة لتلدين الصلب على بنية من البيرليت و السوربيت تحتوى على حبيبات من الكاربيدات و صلادتها بحدود HB = 207 ÷ 250

ماركات الصلب السريع القطع

(حسب المواصفات القياسية السوفييتية)

التركيب الكيميائى ٪					ماركة الصلب
W	Cr	Si	Mn	C	
19 -17.5	4.4 -3.8	0.40 >	0.40 >	0.9 -0.7	P18
10 -8.5	4.4 -3.8	0.40 >	0.40 >	0.95 -0.85	P9

ماركة الصلب	التركيب الكيميائى ٪	Mo	Ni	S	P
	V	لا تزيد عن ٪			
P18	1.4 -1.0	0.3	0.4	0.03	0.03
P9	2.6 -2.0	0.3	0.4	0.03	0.03

** المعاملة الحرارية للألآت المصنوعة من الصلب السريع القطع تتكون من التصليد و المراجعة ثلاث مرات . و يجرى التصليد السريع القطع من درجة حرارة عالية (تكون للصلب P18 من 1260 – 1300 ° و للصلب P9 من 1220 – 1260 °) و ذلك لضمان اختلاط عناصر الاشابة بالاوستنيت ثم المارتنسيت بعد التصليد .

و لما كان الصلب السريع القطع ردىء التوصيل للحرارة فانه يسخن عند التصليد بالطريقة المتدرجة ، اى انه يسخن ببطء الى 800 – 850 ° و يبقى عند هذه الدرجة . و تسخن الألة الواجهية من هذا الصلب اولا الى درجة 550 – 600 ° و تترك ثم تسخن الى 800 – 850 ° ثم تترك عند هذه الدرجة مرة اخرى (شكل 78) . و يتحول السوربيت عند 800 – 850 °م الى اوستنيت Feγ (c) و تبقى الكاربيدات طليقة . و ترفع حرارة الصلب من درجة 800 – 850 ° الى درجة 1280 ° بسرعة لكى تذوب فى الاوستنيت اكبر كمية ممكنة من الكاربيدات (و يبقى طليقا منها نحو 10 ٪). و بعد مدة قصيرة عند هذه الدرجة تبرد الألة فى الزيت او الهواء . و تنتقل نقطتا بداية MH و نهاية MK التحول المارتنسيتى (شكل 79) الى اسفل التصليد بمثل هذه الدرجة العالية 1280 °، (MH = 150 ° و MK = - 10 ٪) . و تتكون نتيجة

للتصليد بنية تركيبها التقريبى 60٪ مارتنسيت، و 10٪ كاربيدات معقدة، و 30٪ اوستنيت متبقى، و صلادتها RC = 63 .

ووجود الاوستنيت المتبقى بالألة القاطعة ضار اذ انه يخفض من توصيل الألة للحرارة و يساعد على تسخين الحد القاطع عند العمل، كما يخفض من صلادة الألة . و المعتاد لتحويل الاوستنيت المتبقى الى مارتنسيت ان تراجع الألة بعد تصليدها ثلاثة مرات عند درجة حرارة 560 ° مع ابقائها كل مرة لمدة ساعة (شكل 78) . و يساعد التسخين و الابقاء عند المراجعة على افراز الكاربيدات من الاوستنيت المتبقى و رفع النقطة MH و تحويل الاوستنيت المتبقى عند التبريد الى مارتنسيت استعدال . و تزداد نتيجة للمراجعة الثلاثية كمية المارتنسيت و الكاربيدات بالبنية و تنخفض كمية الاوستنيت المتبقى و تصل الصلادة الى 65 .

و المارتنسيت الثانوى المتكون عند المراجعة اقل تجانسا من المارتنسيت الاولى المتكون عند التصليد . و من الثابت فائدة تحويل الاوستنيت لمتبقى الى مارتنسيت تصليد و ذلك بالتبريد الى – 80 ° (شكل 78)، اى بعد التصليد مباشرة .

❖ المعاملة النيتروكربونية عند درجات الحرارة المنخفضة للألآت المصنوعة من الصلبالسريع القطع بعد مراجعتها، ترفع من خواصها القاطعة . و تجرى العملية فى وسط غازى او سائل عند درجة 540 – 570 ° (انظر صفحة 181)

5- الصلب السبائكى الخاص :

تستعمل فى الصناعات الميكانيكية الحديثة انواع من الصلب و السبائك ذات الخواص الطبيعية و الكيميائية الخاصة . ومن هذه الانواع : الصلب غير القابل للصدأ و الصلب المقاوم للحرارة و الصلب المغناطيسى و الصلب ذو المقاومة الكهربائية العالية و الصلب المقاوم للتآكل .

الصلب غير القابل للصدأ :

و هو نوعان : الصلب النيكل – كرومى اوستنيتى من الماركات X18H9 و X18H9T، و الكرومى- الفيرومارتنسيتى من الماركات 1X13 و 2X13 و 3XB و X18 . و السبب فى مقاومة هذا الصلب العالية للصدأ هو احتوائه على نسبة كبيرة من الكروم الذى يكون على سطح الجزء غشاءا متينا لا يخترق من الاكاسيد . ويزيد وجود النيكل من متانة الصلب بتكوين أبنية أوستنيتية .

الصلب المقاوم للحرارة :

و يستعمل لصناعة اجزاء المنشأت التى تعمل عند درجات حرارة عالية او فى وسط فعال ضار – كحالة الصدأ الغازى او الصدأ الكهروكيميائى – و هو عبارة عن صلب يحتوى على نسبة كبيرو من الكروم و مضافة اليه Si,Ni,W ومن انواع الماركات X25، X9C2، X23H18، 4X14H14B2M و تركيبها واضح من الرمز السابق .

الصلب و السبائك المغناطيسية :

و يستعمل نوعان من هذا الصلب : الصلب المغناطيسى القاسى و اللين .

أ) الصلب المغناطيسى القاسى :

و تستعمل لصناعة المغناطيسات الدائمة و يجب ان تكون ذات قوة ممانعة مغناطيسية كبيرة و ثابتة HC و مهاودة حثية كبيرة Br و معامل انفاذية (معامل نفاذية مغناطيسية) منخفض . ومن هذه السبائك الصلب الكرومى المحتوى على نسبة عالية من الكربون من الماركات EX2 ، EX3A ويصلد عند 850^{o} فى الزيت، او السبائك عديمة الكربون من الماركة AH2 و تحتوى على 13 ٪ Al و 24.5 ٪ Ni و 3.5 ٪ Cu و تصلد عند 1200^{o} فى الماء المغلى، و تراجع عند 550^{o}، و AHK04 و تركيبها 9 ٪ Al ، 13.5 ٪ Ni ، 24 ٪ Co ، 3٪ Cu ، و تصلد عند درجة 1300^{o} فى الهواء .

ب) الصلب المغناطيسى اللين :

و هو ذو قوة ممانعة صغيرة HC و معامل انفاذ عالμ و يستعمل لصناعة المغناطيسات الكهربائية . و الحديد الصناعى النقى المحتوى على اقل من 0.025٪ C عبارة عن مادة مغناطيسية لينة ، و يحتوى صلب المحولات على اقل من 0.06 ٪ C و صلب المولدات الكهربائية على اقل من 0.1 ٪ C .

الصلب و السبائك العالية المقاومة الكهربائية :

و تستعمل لصناعة عناصر المقاومة بالافران و غيرها من اجهزة التسخين، و من هذه السبائك الفيكرال (1X17IO5)، الكرومال (OX25IO5) و النيكروم 60 (X15H60)، و النيكروم 80 (X20H80) . و تتراوح نسبة الكربون فى هذه السبائك جميعا فى

الحدود من0.06 – 0.15 ٪ ولا يوجد كربون مطلقا بالنيكروم 80 و السبب فى ارتفاع مقاومتها الكهربائية هو انها محاليل صلبة .

الصلب المقاوم للتآكل T13 و يحتوى على 1 – 1.3 ٪ كربون و 11 – 14 ٪ منجنيز، تتكون بنيته بعد التصليد عند درجة 1000 – 1100 ^{o} فى الماء من الاوستنيت، هو عالى المتانة و المقاومة للتآكل، ويستعمل لصناعة الاجزاء المعرضة لتآكل شديد كصليبات السكك الحديدية و قباقيب الجنازير و قطع كسارات الاحجار و غير ذلك .

6- **الزهر السبائكى** :

لتحسين خواص الزهر كثيرا ما يضاف اليه عناصر كالنيكل و الكروم و المولبدنيوم و النحاس و التيتانيوم . و تغير اضافة هذه العناصر الى زهر من طبيعة الافرازات الجرافيتية و الاساس المعدنى اذ ان الجرافيت المتكون يكون دقيقا و البيرليت يكون رقيق الصفائح يشبه السوربيت .

❖ **النيكل** : و يساعد على تكون الجرافيت وان كان ذلك بدرجة اقل من السليكون، وعند اضافى الكثير من النيكل الى الزهر يجب تخفيض كمية السليكون به .

و تتوقف بنية الاساس المعدنى للزهر النيكلى على نسبة النيكل به . فلو كانت نسبة النيكل 3 – 4 ٪ يكون الزهر ذو بنية سوربيتية، و عندما تكون نسبة النيكل 7- 8 ٪ يكون الزهر ذا بنية مارتنسيتية، و عندما تكون نسبة النيكل 18 – 20 ٪ يكون الزهر ذا بنية اوستنيتية للاساس المعدنى .

❖ **الكروم** : و هو احد من اهم العناصر التى تضاف للزهر . ولما كان الكروم من العناصر المكونة للكاربيدات، فانه يعوق تكون الجرافيت و يؤدى الى توزع الجرافيت فى زهر كما يساعد بدخوله جزئيا فى محلول صلب مع الحديد على تكون بيرليت يشبه السوربيت . و يضاف النيكل و الكروم الى الزهر على شكل فيروكروم فى البودقة او فى مجرى فرن الدست او باضافة زهر تماسيح سبيكى الى الشحنة .

و تحسن اضافة النيكل و الكروم معا من بنية الزهر و خواصه الميكانيكية، و تصغر من حجم الجرافيت به و تساعد على تكوين بيرليت شبيه بالسوربيت كما تساعد على مساواة الصلادة فى المقاطع الرقيقة و السميكة .

و يجب عند اضافة النيكل و الكروم معا ان تزيد نسبة النيكل المضاف عن نسبة الكروم بمقدار $1.5 - 2$ ضعفا و ذلك حتى لا تزيد من نسبة السليكون محافظين اثناء ذلك على نفس الدرجة من تكوين الجرافيت .

❖ **المولبدنيوم** : و يقلل من تكون الجرافيت ولكن بدرجة اقل عند اضافته بنسبة حتى 1.5 ٪ مساعدا على تصغير الجرافيت و انتشاره، و يؤثر هذا العنصر فى المقام الاول على الاساس المعدنى للزهر عند وجود المولبدنيوم به بالنسبة المذكورة اعلاه .

❖ **التيتانيوم** : و هو يتحد مع الغازات و الكبريت فى الزهر السائل لكونه من المختزلات النشيطة للمعدن، و تؤدى اضافة التيتانيوم الى الزهر بنسبة نحو 0.1 ٪ الى تصغير الجرافيت و ارتفاع المقاومة

الميكانيكية للزهر بدرجة محسوسة . و تجرى اضافى التيتانيوم الى الزهر باضافة زهر سبيكى طبيعى يحتوى على التيتانيوم الى الشحنة .

❖ **النحاس** : و يساعد على تكون الجرافيت (الجرفتة) عند اضافته الى الزهر المحتوى على نسبة صغيرة من السليكون واذا اذيب النحاس فى الفيريت بنسبة تصل الى 3.4 ٪ عنج درجة التحول اليوتكتويدى، و بنسبة اقل من 1 ٪ عند درجات الحرارة المعتادة فانه يتكون لدينا الفيريت النحاسى .

اما الكمية الزائدة من النحاس فتعطى محتويات موزعة . و يساعد النحاس على تحويل البيرليت الى سوربيت لتخفيضه لدرجة حرارة التحول الالوتروبى . و يصهر بمصانع الاورال السوفييتية نوعان من الزهر السبيكى الطبيعى هما الزهر الخليلى و اليلزافيتى التى تصهر فى مصانع الاورال .

و عند تجهيز المسبوكات التى تتميز بصفات خاصة كالمقاومة للاحماض و المقاومة الحرارية و اللا مغناطيسية .. الخ، تستعمل انواع من الزهر تحتوى على نسبة كبيرة من العناصر المضافة . فالزهر المحتوى على نيكل بنسبة 12 – 20 ٪ و النحاس بنسبة 5 – 8 ٪ و الكروم بنسبة 2 – 6 ٪ مثلا ذو مقاومة عالية للصدأ عند وجوده فى الاحماض، و الزهر المقاوم للحرارة يجهز بان نضيف الى الحديد الزهر 18 – 20 ٪ نيكل، 5 – 7 ٪ سليكون، 2 – 3 ٪ من الكروم، و يحتوى الزهر الالومنيومى المقاوم عند درجات حرارة عالية (حتى 950 ^{o}) المستعمل لوصلات الافران على 20 – 24 ٪ من الالومنيوم . كما يحتوى الزهر السليكونى المقاوم على 5 – 14 ٪ سليكون . و هذا الزهر ذو مقاومة عالية عند درجات الحرارة العالية (حتى 900 ^{o}) و مقاومة عالية للصدأ




الباب الثانى عشر
السبائك المسحوقية



1- أسس الحصول على السبائك المسحوقية :

تسمى السبائك التى يحصل عليها من مسحوقات المعدن بالكبس ثم التلبيد دون صهر بالسبائك المسحوقية . و للعالم الروسى ب. جـ. سوبوليفيسكى اسبقية استعمال السبائك المسحوقية صناعيا فقد استخدم فى سنة 1827 طريقة للحصول على مصنوعات (قطع النقد) من مسحوق البلاتين بالكبس ثم التلبيد و الطرق .

** أمثلة لاستعمال السبائك المسحوقية اجزاء متباينة : كشعيرة المصابيح الكهربائية المتوهجة الصعبة الانصهار المصنوعة من الولفرام (التنسجتين)، و قطع التماس و اجزاء الاجهزة المصنوعة من المولبدنيوم وغيره من المعادن الصعبة الانصهار وسبائك كراسى المحاور المضادة للاحتكاك المصنوعة من مساحيق الجديد و الجرافيت، و المغناطيسات الدائمة من مساحيق الحديد و النيكل و الالومنيوم و الكوبالت، والسبائك الصلدة (الكاربيدات) للألآت القاطعة ، و اسطمبات السحب المصنوعة من مساحيق كاربيدات التنسجتين و التيتانيوم و الكوبالت وغيرها .

** تكنولوجيا صناعة السبائك المسحوقية : و هى عبارة (فيما عدا عمليات الحصول على المسحوق) عن تجهيز الشحنة للسبيكة وتقليبها و كبسها ثم تلبيدها.

كبس المساحيق : و يجرى فى اسطمبات تحت ضغط من 10 – 100 كجم /مـم2 و تستعمل لـذلك المكابس المرفقية و نادرا الهيدروليكية .

تلبيد القطع المكبوسة : و يجرى فى الافران الكهربائية ذات المقاومة و ذات التردد العالى فى جو واق، و تعادل درجة حرارة التلبيد 3/2 درجة انصهار المكون الاساسى تقريبا فتكون على سبيل المثال للناس 800 – 850 º و للحديد 1050 – 1150 º . و مدة التلبيد من 1 – 3 ساعات . و يزيد التلبيد من سطح التلامس بين الجزيئات و يساعد على اعادة التبلور . و يمكن ان تتكون فى السبائك المسحوقية كثيرة المكونات عند التلبيد محاليل صلبة و مركبات كيميائية .

و قد انتشر فى الاعوام الماضية استعمال الكبس على الساخن، وفيه توجد عمليتا الكبس و التلبيد فى عملية واحدة، ومن مزايا الكبس على الساخن انقاص الضغط المطلوب بنسبة من 5 – 10 ٪ من الضغط عند الكبس على البارد . و امكان الحصول على اجزاء ذات شكل معقد و مقاسات مضبوطة .

2- **السبائك الصلدة** (**الكاربيدات**) :

تستعمل السبائك الصلدة (الكاربيدات) فى الصناعة الحديثة على نطاق واسع و ذات صلادة عالية، و مقاومة للتآكل و تحمل لدرجاتالحرارة العالية، و تزداد الالآت القاطعة و الاسطمبات و كفات ذكر القلاووظ و اسطمبات السحب و المثاقب و النقارات و الاجزاء التى تتعرض للتآكل بالسبائك الصلدةو يستعمل عمليا نوعان من السبائك الصلدة : المعدنية الخزفية (المسحوقية) و المسبوكة.

1- السبائك الصلدة المعدنية الخزفية (جدول 9) :

و تنقسم حسب تركيبها الى نوعين : الولفرامية و الولفرام – تيتانية . و تجهز الاولى بكبس و تلبيد كاربيدات الولفرام WC

والكوبالت Co، اما الثانية فتصنع من خليط من كاربيدات التيتانيوم TiC و الولفرام WC و الكوبالت Co .

و يمكن تمثيل انتاج السبائك الصلدة الولفرامية تخطيطا فى الشكل التالى :

أ) يخلط مسحوق ناعم من الولفرام النقى بالجرافيت الناعم (هباب المصابيح)، و يسخن الخليط الناتج فى فرن كهربائى عند درجة 1400 ° فى جو من H2 او Co و فنحصل على كاربيد الولفرام WC على شكل مسحوق يطحن و ينخل .

ب) مسحوقات ناعمة من WC ، Co تخلط بالنسبة المطلوبة (جدول 9) لمدة 24 ساعة فى طاحونة ذات كرات، ثم يخلط الخليط الناتج بمادة لاصقة (محلول من المطاط الصناعة فى البنزين) ثم يجفف.

و بنفس الطريقة يجهز الخليط اللازم للسبيكة الولفرام – تيتانية .

جـ) يكبس الخليط المجهز فى اسطمبات تحت ضغط 10 – 40 كجم/مم2، و الضغط اللازم للسبائك الولفرام – تيتانية اكبر من الضغط اللازم للسبائك الولفرامية .

د) تلبيد الاقراص المسبوكة فى جو من الهيدروجين عند درجة 1400 ° لمدة ساعتين (للولفرامية)، و عند درجة 1500 ° لمدة 1 – 3.5 ساعة (للسبائك الولفرام – تيتانية) .

السبائك المسحوقية الصلدة

(المواصفات القياسية السوفييتية)

جدول 9

ولفرام

ماركة السبيكة	التركيب الكيميائى % WC	التركيب الكيميائى % Co	حد المقاومة عند الثنى كج/مم2 (لا تقل عن)	الصلادة HRA (لا تقل عن)
BK3	97	3	100	89
BK6	94	6	120	88
BK8	92	8	130	87.5
BK10	90	10	135	87
TK15	85	15	160	86

ولفارم – تيتانية

ماركة السبيكة	التركيب الكيميائى % WC	التركيب الكيميائى % Co	التركيب الكيميائى % TiC	حد المقاومة عند الثنى كج/مم2 (لا تقل عن)	الصلادة HRA (لا تقل عن)
T5K10	85	9	6	115	88.5
T14K8	78	8	14	115	89.5
T15K6	79	6	15	110	90
T30K4	66	4	30	90	92
T60K6	34	6	60	75	90

وتنكمش السبيكة الصلدة نتيجة للتلبيد بمقدار يصل الى 25٪ من حجمها و تصبح بالغة الصلادة HRA = 88 ÷ 91 و و تتكون بنيتها من الكاربيدات التى يربطها الكوبالت بقوة . و تتفوق الخواص القاطعة للسبائك الصلدة على خواص الصلب السريع القطع . و لذلك تجهز الألآت القاطعة و البنط و الفرايز و البرغل و غيرها بقطع من السبائك الصلدة و ذلك بلحمها او تثبيتها ميكانيكيا الى الحامل .

و تستعمل سبائك المجموعة BK للألآت المستعملة لتشغيل المواد الهشة كالزهر و البرونز و الزجاج و غيرها ، فى حين تستعمل سبائك المجموعة الاخرى TK لتشغيل المواد المتينة كالصلب و النحاس الاصفر و غيرهما ، و يسمح باستعمال السبائك الصلدة بزيادة سرعة قطع المعادن الى 1000 – 2000 ^{o}م/ دقيقة .

2–السبائك الصلدة المسبوكة :

بالاضافة الى السبائك الصلدة المسحوقية تستعمل سبائك صلدة مسبوكة .وقد اوردنا بجدول 10 التركيب الكيميائى للسبائك الصلدة المسبوكة .

جدول (10)

اسم السبيكة	التركيب الكيميائى ٪							
	C	Cr	Ni	Mn	Si	Co	W	Fe
سورمايت1	3.3-2.5	31-25	3.5	1.5-0.5	4.2-2.8	-	-	67-55
سورمايت2	2-1.5	17.5-13.5	2.5-1.5	1	2.2-1.5	-	-	81-75
ستلليت	2.5-1.8	33-27	الى2	1	1- 2	53-47	17-13	الى2
ستالينيت	10	18		15				57

و تستعمل السبائك الصلدة المسبوكة على شكل قضبان لصهر طبقة منها على الاسطمبات و السكاكين المستخدمة لقطع المعادن و ذنب المخارط و حلقات السحب و هلم جر و لاصلاح الاجزاء المتآكلة . و يجرى الصهر باستعمال لهب اكسى – استلين او القوس الكهربائى .

❖ **سورمايت 1** : و هو عبارة عن زهر سبائكى كرومى بعج يوتكتى تتكون بنيته من الكرابيدات الاولية و يوتكتى كاربيدى، و صلادة الطبقة المريبة بالصهر من السورمايت 1 RC = 48 ÷ 52 و و تملأ به الاسطمبات و آلات القياس و ذنب المخاريط و السكاكين و الاجزاء التى لا تتعرض للصدمات .

❖ **سورمايت 2** : و هو عبارة عن زهر ابيض قبل يوتمتى تتكون بنيته من الدندريت و البيرليت و اليوتكتى الكاربيدى، و يعامل السورمايت 2 بعد ترسيبه معاملة حرارية فيلدن عند درجة 850 –

900^o، و تكــون صــلادته بعــد التلــدين RC = 30 ÷ 35 و تكــون الصلادة بعد التصليد من 850 – 900 ^{o} فى الزيت RC = 60 ÷ 62 ولا تنقص المراجعة عند 500 ^{o} من هذه الصلادة .

** **الستلليت** : و يحتوى على العناصر W ، Co و هو ذو مقاومة عالية للصدأ و خاصة فى حامض الكبريتيك كما ان مقاومته كبيرة عند درجات الحرارة العالية (حتى800 ^{o}) و لذلك فهو يستعمل للترسيب على الألآت القاطعة .

** **الســتالينيت** : و هــو عبــارة عــن خلــيط مــن مســاحيق الفيروكــروم و الفــيرو منجنيــز و رايش الزهــر و فحــم الكــوك البــترولى، والطبقة المرسبة بالصهر من الستالينيت عبارو عن زهر ابيض سبيكى بعــد يــوتكتى تتكــون بنيتــه مــن الكــاربيــدات الاوليــة و اليــوتكتى الكاربيدى و صلادة السبائك RC = 55 ÷ 56 .

و يستعمل الستالينيت للترسيب على الاجزاء المعرضة لتآكل شــديد كواجهــات كســارات الاحجــار واســلحة المحاريــث و اســنان و اطراف ملاعق الحفارات و غسالات الخام و ما شابه .

و تــزداد مقاومــة الاجــزاء و الألآت المرســب عليهــا طبقــة مــن السبائك الصلدة المنصهرة بنحو 7 – 10 مرات او اكثر .



الباب الثالث عشر
المعادن غير الحديدية وسبائكها



قام العلماء السوفييت بأعمال فذة فى ميدان دراسة سبائك المعادن غير الحديدية و طرق الحصل عليها و الجدول التالى يوضح اكثر المعادن غير الحديدية استعمالا فى الصناعهة و خواصها :

سم المعدن	الرمز الكيميائى	الوزن النوعى ،جم/مم3	درجة الانصهار، ° م	لمقاومة الكهربية، اوم والنوعية، مم2/م	الخواص الكيميائية		
					الصلادة B	المقاومة القصوى Σb كج /مم2	نقص المساحة النسبى Ψ ، ٪
النحاس	Cu	8.94	1083	1.56	35	22	75
الالومنيوم	Al	2.7	658	2.7	20	8	85
النيكل	Ni	8.9	1452	11.8	60	56 -45	70
القصدير	Sn	7.3	232	11.1	10 -5	4 -2	74
الرصاص	Pb	11.34	327	20.4	4.6	1.8	95
الزنك	Zn	7.14	419	5.92	42-30	15	70
الماغنسيوم	Mg	1.74	651	4.2	25	20 -17	20

اسم المعدن	نوع الشبكة البلورية	الماركة حسب المواصفات	التركيب ٪		الاستعمال الشائع
			العنصر الاساسى	الشوائب	
النحاس	مكعبية متمركزة الوجه	M0 M1 M2 M3 M4	99.95 99.9 99.7 99.5 99.0	0.05 0.1 0.3 0.5 1.0	الاسلاك و السبائك عالية الجودة ----------- السبائك عالية الجودة ------------ السبائك
الالومنيوم	~	AB1 AB2 A00 A0 A1 A2 A3	99.9 99.85 99.7 99.6 99.5 99.0 98.0	0.1 0.15 0.30 0.4 0.5 1.0 2.0	الاسلاك الاجهزة الكيميائية الرقائق الطلاء و الكابلات السبائك الاوعية المصنوعات الواسعة الاستعمال
النيكل	~	H0 H1 H2 H3 H4	99.8 99.7 98.9 98.6 97.6	0.2 0.3 1.1 1.4 2.4	صناعة الاجهزة ~ السبائك ~ ~ ~
القصدير	رباعية مركزة	01 02 03 04	99.9 99.8 99.7 99.6	0.1 0.2 0.3 0.4	الطلاء رقائق سبائك اللحام السبائك
الرصاص	مكعبية متمركزة الوجه	CB C0 C1 C2 C3 C4	99.992 99.99 99.98 99.95 99.9 99.5	0.008 0.01 0.02 0.05 0.1 0.5	البطاريات ~ سبائك مابيت حمامات التصليد السبائك ~
الزنك	مسدسية مزدحمة التكديس	ЦВ Ц0 Ц1 Ц2 Ц3 Ц4	99.99 99.96 99.94 99.90 98.7 99.5	0.01 0.04 0.06 0.1 1.3 2.5	الطلاء ~ السبائك ~ ~ ~
الماغنسيوم	مسدسية	Mr1 Mr2	99.91 99.85	0.09 0.15	~ ~

1- النحاس :

النحاس اكثر المعادن الغير حديدية انتشارا فى الصناعة، ويستعمل فى حالته النقية (M1, M2)، فى الصناعة الكهربائية كموصل جيد للتيار و و ينقص وجود الشوائب بشدة من توصيل النحاس للكهرباء . و تستعمل الماركات (M2, M3, M4) التى تحتوى على كمية من الشوائب لانتاج السبائك الصناعية.

و تتكون الشوائب المشار اليها فى ماركات النحاس (جدول 11) من :(O, S, Sn, Pb, Ni, Fe, As, Sb, Bi) و تؤثر على خواص النحاس تأثيرا مختلفا ، و بالذات فان البزموت و الرصاص ضاران لانهما يتكونان لعدم ذوبانهما فى النحاس يوتكتيا يقع على حدود الحبيبات، مما يضعف مقاومة النحاس لدرجات الحرارة العالية و يزيد من قصافته .

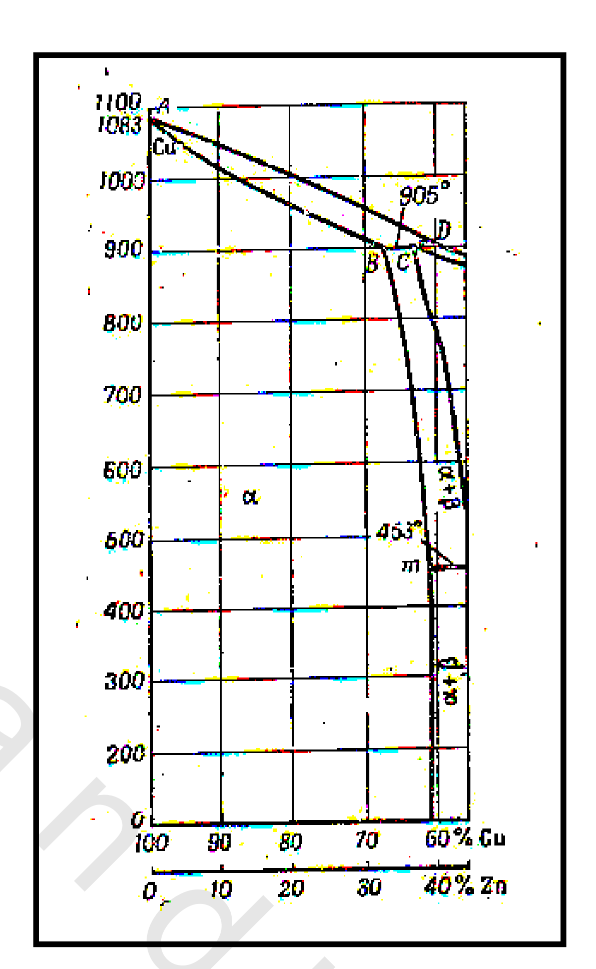
و يساعد وجود الاكسجين (Cu_2O) على ظهور المرض الهيدروجينى النحاسى اذ يسبب الهيدروجين عند تلامسه بالنحاس اختزال الاخير و تكون نواتج غازية CO_2 او H_2O (حسب التفاعل $3Cu_2O+CH_4=2H_2O+CO+6Cu$) مما يسبب ضغوطا داخلية و شقوقا .

و تجهز المصنوعات النحاسية (الاسلاك و الخوص و الصفائح) بالدلفنة و السحب و الكبس، وفى هذه العملية يحدث للخامة تشغيل على البارد يزداد معه أقصى اجهاد (نقطة الكسر) σb و تنقص اللدونة Ψ اى ان النحاس يصبح قصفا ، و لازالة التشغيل على البارد واسترجاع اللدونة يجرى للنحاس تلدين لاعادة التبلور عند 500– 600°م

2- **النحاس الاصفر** :

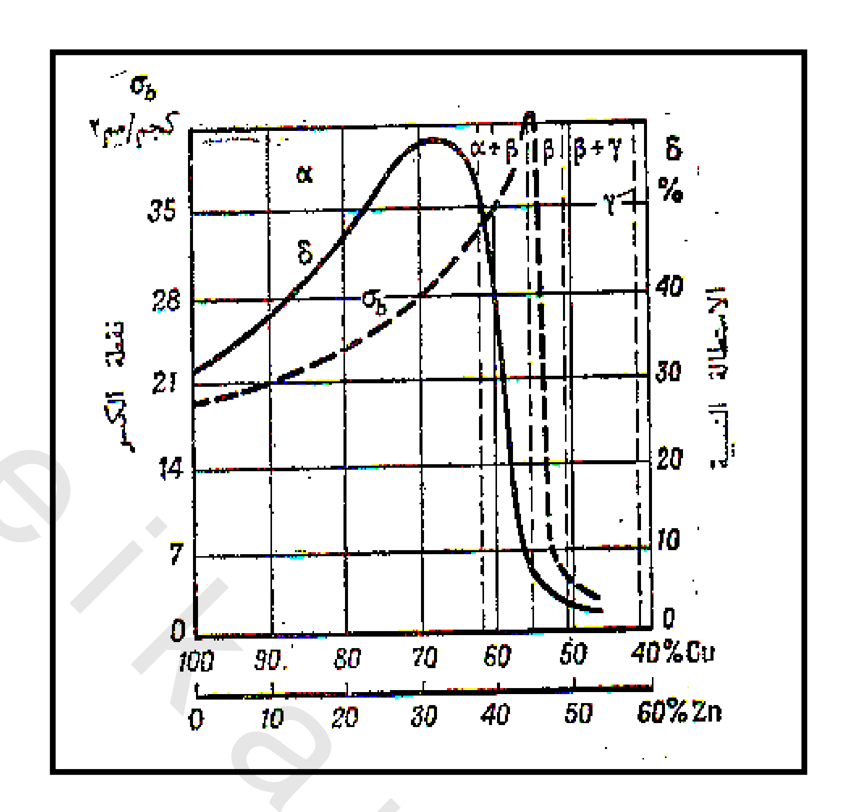
النحـاس الاصفـر (الشبـه) عبـارة عـن سبيكـة مـن النحـاس مـع الزنك، كما تضاف اليه احيان عناصـر اخرى لاعطائه خواصا اخـرى . ويكون الزنك معالنحاس عددا من الاطوار على شكل محلولات صلبة ومركبات الكترونية .

و يـبين الجـزء الموضـح مـن بيـانى الاطـوار (منحنـى التسـابك) للمجموعـة Cu-Zn (شـكل 80) انـه فـى حـدود تركيـز Zn 32 ٪ ودرجة 905° م، و التركيز 39٪ عندتمام التبريد يتكون محلول صلب الزنك فى النحاس (الطور α ذو شبكة مكعبية مركزية الوجه) وعند 905° فيما بـين التركيـزين 32 – 39 ٪ Zn يحـدث تحـول بيريتكتـى ويتكـون الطـور β و هـو عبـارة عـن محلـول صلـب علـى اسـاس المركـب الالكترونـى CuZn ذى شـبكة مكعبيـة مركزيـة الجسـد، و يتبلـور الطور β كذلك مباشرة من السبيكة السائلة فى الحدود من 39 الى 55 ٪ Zn .



شكل رقم 80 ، جزء من رسم بيانى لحالة سبائك النظام

Cu – Zu



شكل رقم 81، تأثير نسبة الزنك على الخواص الميكانيكية للنحاس الاصفر

ويستعمل الان عمليا نوعان من النحاس الاصفر : نحاس اصفر α وحيد الطور و يحتوى على Zn بنسبة حتى 39 ٪، و ثنائى الطور (α + β) يحتوى على 39 – 45 ٪ Zn . و بشكل (81) الرسم البيانى لتأثير كمية الخارصين على خواص النحاس الاصفر، و النحاس الاصفر الوحيد الطور α عالى المتانة ذو قابلية كبيرة للتشغيلبالضغط على البارد . و تنخفض متانة النحاس الاصفر بظهور الطور β و فى حين تستمر متانة فى الزيادة حتى تصل نسبة الخارصين الى 43٪، و بعدها تنخفض بشدة، ولهذا فالنحاس ذو البنية α + β يمكن تشكيله جيدا فى الحالة الساخنة فقط .

و يرقم النحاس الاصفر طبقا للمواصفات القياسية السارية فى الاتحاد السوفييتى بالحرف Л و على يمينه تكتب الحروف الدالة على نسبة النحاس و العناصر الخاصة بنفس الترتيب المكتوبة به فى الماركة، و ترقم العناصر بالحروف الروسية O - القصدير، Ц – الزنك، C – الرصاص، H – النيكل، МЦ – المنجنيز، Ж – الحديد، K – السليكون، A – الالومنيوم و هكذا . و على سبيل المثال تدل الماركة 90 Л على نحاس اصفر يحتوى على 90 ٪ من النحاس . 10 ٪ الباقية من الزنك، و الماركة 2-63- 66 ЛАЖМЦ تدل على نحاس اصفر الومينى – حديدى – منجنيز و 23 ٪ زنك .

و الماركات الاربع الاولى من الماركات الست للنحاس الاصفر الزنكى (حسب المواصفات القياسية السوفييتية) Л59، Л62, Л80, Л90, Л96 عبارة عن نحاس اصفر وحيد الطور (α) جيد القابلية للتشغيل بالكبس على البارد .اما الماركتان Л59، Л62 فهما نحاس اصفر ثنائى الطور ($\alpha + \beta$) و هما قصفتان فى الحالة الباردة و تشغلان بالكبس على الساخن .

تصنع من النحاس الاصفر الالواح و الشرائط و الاسلاك بالتشكيل على البارد الناجمة عن ذلك يستعمل التلدين لاعادة التبلور عند درجة 600 - 700° .

و لرفع الخواص الميكانيكية للنحاس الاصفر و تحسين قابليته للتشغيل و مقاومته للصدأ تضاف اليه العناصر Pb, Sn, Ni, Fe, Al, Si و غيرها .

النحاس الاصفر الرصاصى :

من الماركات ЛС60-1 ،ЛС64-2 ، ЛС59-1 ,ЛС74-3
و يحتوى على الرصاص بنسبة من 1 – 3 ٪ لتحسين قابليته للتشغيل بالقطع، و تصنع منه الاجزاء بالكبس على الساخن ثم التشغيل بالقطع على ماكينات اوتوماتيكية .

النحاس الاصفر القصديرى :

الماركات ЛО62-1 ، ЛО70-1 و يحتوى على 1 ٪ من القصدير، و يستعمل لصناعة السفن الحربية لارتفاع مقاومته للصدأ فى ماء البحر .

النحاص الاصفر النيكلى :

الماركة ЛН65-5 و يستعمل بدلا من البرونز لصنعاة اليبت و جلب كراسى المحاور وما أشبه .

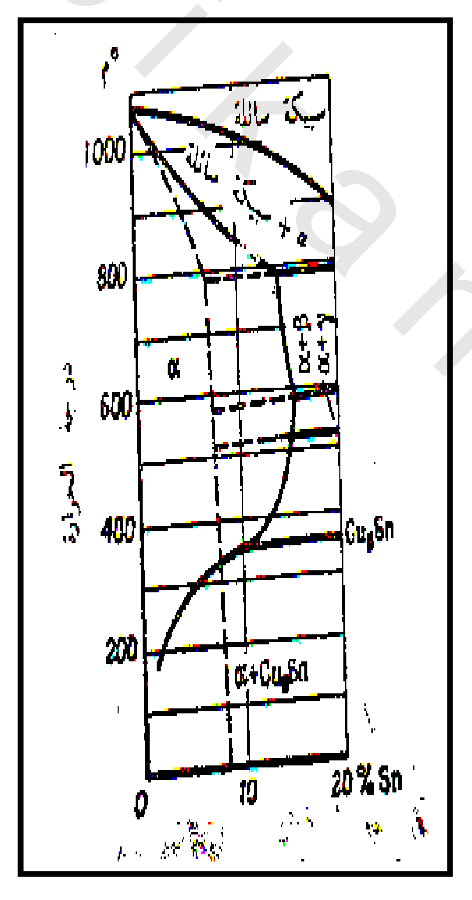
النحاس الاصفر الخاص المسبوك:

الماركات ЛАЖ60-1-1 ، ЛА67-2-5 ، -ЛМЦОС58 2-2-2 ، ЛК80-3 ، ЛМЦС58-2-2 ، ЛМЦЖ52-4-1 ، ЛКС-80-3-3 ، و يستعمل للحصول على جلب مسبوكة لكراسى المحاور و جلب و وصلات وتروس ..... الخ .

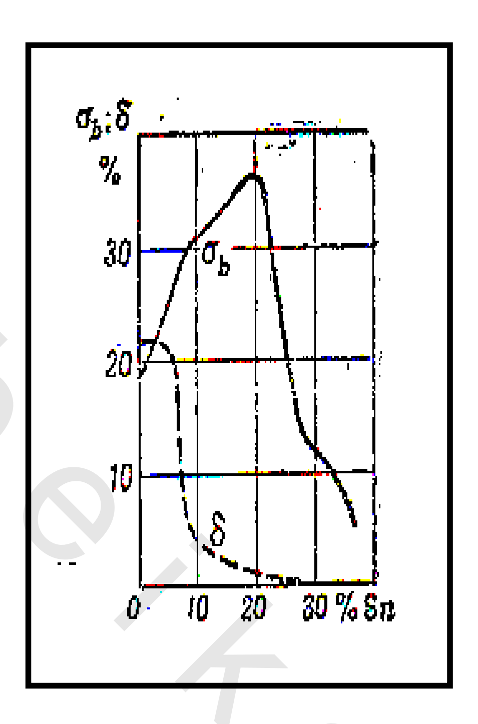
3- **البرونز** :

تسمى سبائك النحاس و القصدير و الالومنيوم و غيرها من العنصر بالبرونز، و يرقم البرونز بالحرفين Bp و تكتب على يمينها العناصر الداخلية فى تركيبه :

O – القصـــــديـر، Ц – الزنــــك، C – الرصـــــاص، Φ – الفوسـفور، H – النيكـل، K – السـليكون .. الخ . و تكتـب بـنفس الترتيب النسبة المئوية للعناصر الداخلة فى تركيب البرونز و على سبيل المثال تدل الماركة Bp-O-10 على برونز قصديرى يحتوى على 10٪ من القصـديـر، و 90 ٪ مـن النحـاس، و الماركـة 1-5-7-3 Bp.OЦCH تـدل علـى برونـز قصـديرى – زنكـى – رصاصـى – نيكلـى يحتـوى علـى 3٪ قصـديـر، 7 ٪ زنـك، 5٪ رصـاص، 1٪ نيكـل و البـاقى 84٪ مـن النحاس .



شكل رقم 82 ، رسم بيانى لحالة سبائك النظام Cu – Sn



شكل رقم 83 ، تأثير نسبة القصدير على الخواص الميكانيكية للبرونز

البرونز القصديرى :

و هو عبارة عن سبيكة من النحاس و القصدير و قد اوردنل بشكل (82) جزء من رسم بيانى الاطوار منحنى التسابك للمجموعة Cu – Sn الذى يهمنا عمليا (و يحتوى على القصدير بنسبة لا تزيد عن 22 ٪) و تتكون فى هذا النظام فى الجزء المبين بالشكل ثلاثة اطوار هم : الكور – α – و هو محلول صلب بالاحلال للقصدير فى النحاس ذو شبكة مكعبية مركزية الوجه، و الطور – β – و هو محلول صلب على اساس المركب الالكترونى Cu5Sn (و نسبة عدد الالكترونات المكافئة الى عدد ذات المركب 3 : 2) و يتكون جزئيا نتيجة للتفاعل البيريتكتى من الطور - α ، جزئيا من المحلول السائل مباشرة، و الطور – γ – و هو محلول صلب على اساس من المركب الكيميائى Cu31Sn8 (و نسبة عدد الالكترونات المكافئة الى عدد الذرات به

21 : 13) و يتكون جزئيا نتيجة للتفاعل البيريتكتى من الطور السائل مباشرة .

و يكون البرونز المحتوى على القصدير بنسبة حتى 7 ٪ وحيد الطور – α ز عند زيادة نسبة القصدير عن 7 ٪ - ثنائى الاطوار – α + β، و شكل (83) يبين الخواص الميكانيكية لانواع البرونز القصديرى المسبوك .

وتضاف بعض العناصر الى البرونز القصديرى : كالرصاص – لتحسين قابليته للتشغيل، و الفوسفور لاختزاله و تقليل احتكاكيته، و الزنك لتحسين خواصه التكنولوجية و مقاومته للتآكل .. الخ . و تستعمل الماركات Bp.ОЦС3-11-5و Bp.ОЦСН3-7-5-1 لصناعة الوصلات التى تستعمل فى ظروف ماء البحر اوالبخار والماركات Bp.4-4-17, Bp.ОФ10-1، Bp.ОЦС5-5-5

Bp.ОФ6,5-0,4, Bp.ОЦС6-6-3 لسباكةالاجزاء التى تتعرض للتآكل، اما الماركات Bp.ОЦС4-4-3، Bp.ОФ4-0,2، Bp.ОФ6-0,1، Bp.ОФ6,5 -0,25 فتستعمل لصناعة القضبان و الاسلاك .

وقد بدأت الصناعة فى استعمال انواع خاصة من البرونز بدلا من البرونز القصديرى على نطاق واسع وهذه الانواع ذات متانة عالية و مقاومة للحرارة و للصدأ ولا تحتوى على القصدير .

البرونز الالومينى :

من الماركات Bp.А5, Bp.АМЦ9-2، Bp.А5 و يستعمل لصناعة الاشرطة و الخواص و المواسير Bp.АЖН10-4-4,Bp.АЖС7-1,5-1,5 Bp.АЖН11-5-6 لسباكة الواجهة .

البرونز السليكونى :

و يحتوى على 3- 4 ٪ سليكون و خواصه تفوق خواص البرونز القصديرى فهو اكثر منه مقاومة للصدمات و المتانة يصل الى 50 كجم/مم2 و تستعمل الماركات Bp.KC3-9 ، Bp.KЦ4-4و غيرهما لسباكة الواجهة .

البرونز البيريلى :

و يحتوى على 2 ٪ بيرليوم و هو عالى المقاومة و الصلادة مع الاحتفاظ بالمتانة بعد تصليده من 800 – 820 ^{o} م (مراجعته عند 300 – 350 ^{o}م و مقاومة الصدمات تصل الى 30 كجم/مم2 HB =370) .

4- سبائك الالومنيوم :

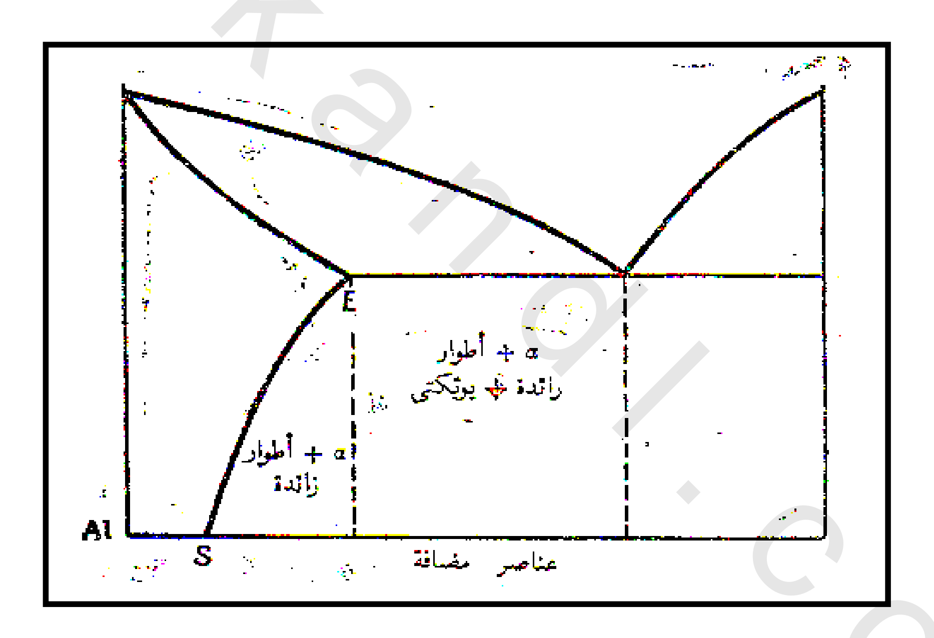
الالومنيوم :

بجدول (11) ترقيم و خواص الالومنيوم الصناعى النقى . والالومنيوم معدن خفيف سهل الصهر و رخو و لدن و جيد التوصيل للحرارة و الكهرباء (نحو 60٪ من توصيلية النحاس) و تستعمل فى الصناعة الحديثة على نطاق واسع سبائك ذات الاساس الومنيومى . و يكون عدد من العناصر الداخلة فى تركيب هذه السبائك محاليلا صلبة محدودة متغيرة التركيز مع الالومنيوم .

و بشكل رقم (84) رسم بيانى تخطيطى لاطوار بعض السبائك ذات الاساس الالومنيومى ،فالسبائك المحتوية على عناصر مضافة بكمية اقل من النقطة S تكون فى الحالة الصلبة وحيدة الطور و هى عبارة عن محلول صلب . و هذه السبائك لدنة و جيدة القابلية

للتشغيل بالكبس على البارد و الساخن و ولا يمكن زيادة متانتها الا بتشكيلها على البارد .

اما فى السبائك المحتوية على عناصر اشابة مضافة اكثر من النقطة S فتفرز عند تبريد الاطوار الزائدة عن المحلول الصلب، فيفرز مثلا فى سبائك (الومنيوم – سليكون)- السليكون الزائد ، و فى سبائك الومنيوم – نحاس – النحاس الزائد الذى يكون $CuAl_2$ و فى سبائك الومنيوم – ماغنسيوم – الماغنسيوم الذى يكون Al_2Mg_2 و بتسخين هذه السبائك اعلى من الخط ES تذوب الاطوار الزائدة و تصبح السبائك وحيدة الطور جيدة القابلية للتشغيل بالكبس .



شكل رقم 84 ، رسم بيانى تخطيطى لحالة السبائك ذات الاساس الالومنيومى

و يمكن زيادة مقاومة السبائك الموجودة حسب تركيبها بين E ، S بمعاملتها حراريا بالتصليد من درجة حرارة اعلى من ES فيثبت هذا محلول العنصر فى الالومنيوم، و يساعد التعمير بعد ذلك على افراز الاطوار الزائدة من المحلول الصلب افرازا انتشاريا .

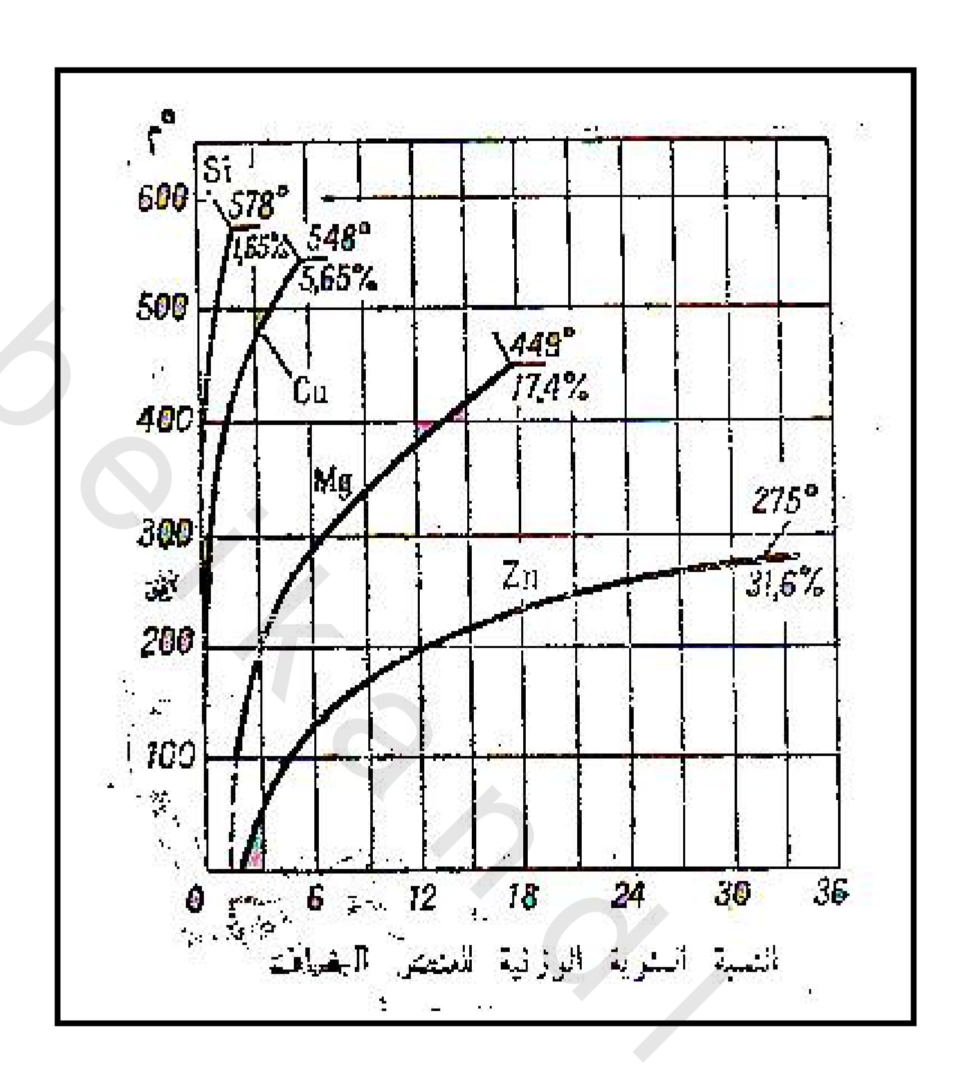
و يتكون بالسبائك الواقعة يمين ما قرب منها لليوتكتى ذات خواص جيدة عند السبك، و يمكن تقسيم سبائك الالومنيوم الى قسمين:

أ) السبائك المسبكية : عن يمين النقطة E بشكل 84.

ب) السبائك التشكيلية : عن يسار النقطة E بشكل 84 .

و تنقسم السبائك التشكيلية بدورها الى نوعين : غير القابلة لزيادة المقاومة بالمعاملة الحرارية (على يسار النقطة S بالشكل 84) والقابلة لزيادة مقاومتها

بالمعاملة الحرارية (و هى السبائك الواقعة حسب تركيبها بين النقطتين E و S كما هو موضح بشكل 84 .



شكل رقم 85 ، مناطق البداية ببيانى حالة سبائك الالومنيوم مع العناصر Zn,Mg,Cu,Si .

و بشـكل رقـم (85) الجـزء الاول مـن بيـانى اطـوار سـبائك المجموعات Al-Si

Al-Mn, Al-Mg ,Al-Cu و يبين قابلية هذه العناصر للذوبان فى الالومنيوم.

و يحسن لتسهيل دراسة تنوع سبائك الالومنيوم ان نميز السبائك الثنائية و المركبة له . ومن السبائك الثنائية سبائك المجموعات Al-Zn, Al-Mg, Al-Cu, Al-Si اما السبائك المسبكية بالحرفين АЛ و ترقم السبائك من نوع الدورالومين بالحرف Д و تبين الارقام الموجودة بالماركة رقم ماركة السبيكة المتفق عليه .

1- السـبائك الالومنيوميـة المسـبكية (جـدول 12) : هـى المجموعات Al-Si, Al-Mn, Al-Mg, Al-Cu و السبائك المركبة على اساسها و تسمى السبائك ذات الاساس من المجموعة Al-Si (АЛ2, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ9, АЛ10)

بالسيلومينات . و يعد السيلومين АЛ2 ممثلا لها فهو ذو خواص جيدة عند السباكة و مقاومةعالية للصدأ و لدونة كبيرة . و لما كانت قابلية Si للذوبان فى Al ضئيلة جدا فانه لا داعى لاجراء اية معاملات حرارية فى حالة عدم وجود عناصر اخرى غير السليكون . و تعامل السيلومينات معاملة حرارية عند وجود النحاس و الماغنسيوم بها اذ يكون هذان العنصران مع الالومنيوم محاليل صلبة محدودة (شكل رقم 85) و تكون عند التعمير اطوارا منتشرة CuAl2 ، Mg2Si تزيد من مقاومة السيلومين . و تستعمل المسبوكات السيلومينية على نطاق واسع فى الصناعة نظرا لانها بالاضافة الى كونها عالية المقاومة فهى

ذات وزن نوعى صغير – 2.65 – 7.5 جم/سم3 ،اى انها اخف من الصلب و الزهر و سبائك النحاس بثلاث مرات تقريبا .

و تستعمل السبائك المسبكية المصنوعة على اساس الالومنيوم و النحاس من الماركات B-195, АЛ7, АЛ1 لصناعة الاجزاء الهامة من المحركات و ذلك لانها تكتسب بعد المعادلة الحرارية (التصليد و التعمير) خواصا ميكانيكيا عالية. و تستعمل السبيكة المسبكية على اساس Al-Mg ماركة АЛ8 لصناعة الاجزاء التى تتعرض للصدمات و الاجزاء التى تتطلب مقاومة مرتفعة للصدأ

سبائك الالومنيوم المسبوكة

جدول 12

الماركة	التركيب، ٪ (الباقى Al)					طرق الحصول على مسبوكات
	Si	Cu	Mg	Mn	عناصر اخرى	
АЛ1	-	4.5-3.75	1.75-1.25	-	2.25 -1.75	فى الرمل
АЛ2	1.3 -1	-	-	-	-	~
АЛ4	1.5 -0.8	-	0.3-0.17	0.5-0.25	-	~
АЛ5	5.5 -4.5	1.5 -1	0.6 -0.35	-	-	~
АЛ6	6 -4.5	3 -2	-	-	-	~
АЛ7	-	5 -4	-	-	-	~
АЛ9	8 -6	-	0.4 -0.2	-	-	~
АЛ10	6 -4	2.4-1.8	0.5 -0.2	1.1-0.7	-	~
АЛ11	9 -6	-	-	-	14 -10	فى قالب معدنى
B195	3 -2	5 -4	-	-	-	~

الماركة	المعاملة الحرارية: التصليد – درجة التسخين°	المعاملة الحرارية: التصليد – مدة الإبقاء ساعة	المعاملة الحرارية: التعمير – درجة التسخين°	المعاملة الحرارية: التعمير – مدة الإبقاء ساعة	الخواص الميكانيكية: σb، كجم/مم2	الخواص الميكانيكية: δs، كجم/مم2	الخواص الميكانيكية: δ،%	الخواص الميكانيكية: الصلادة، HB	الاستعمال
АЛ1	515	2	220	2	20	-	0.5	95	المكابس و رؤوس السلندرات
АЛ2	-	-	-	-	18	8	6	55	الاجزاء المعقدة و الوصلات
АЛ4	535	2-6	175	15	26	20	4	70	الاجزاء الكبيرة المحملة
АЛ5	525	4	180	5	22	18	0.3	80	~
АЛ6	520	2	290	3	22	15	1	70	الاجزاء المحتاجة ثبات ابعاد
АЛ7	515	10-15	150	2-4	25	15	5	80	الاجزاء العالية التحميل
АЛ9	500	10-12	150	2-3	20	11	6	55	الاجزاء المعقدة الشكل
АЛ10	515	10-15	160	2-3	24	19	1	85	بساتم المحركات
АЛ11	-	-	-	-	26	-	3	100	اجزاء المحركات
B195	-	16-24	2-4	2-4	31.5	23	5	90	الاجزاء العالية التحميل

و تصل مقاومة قصوى للسبيكة على اساس Al-Zn (سيلومين زنكى يحتوى على 6 – 9 ٪ Zn) بعد استعدالها و تبلورها تحت الضغط بطريقة الاكاديمى أ.أ. بوتشفار الى σb = 26 كجم/مم2 و استطالها δ تصل الى 3 ٪ و الصلادة HB = 100 .

2- السبائك الالومينية التشكيلية : و تشغل بالضغط : بالدلفنة و الكبس و السحب و الحدادة(و بجدول 13 تركيب و خواص و استعمال هذه السبائك)، و تكون السبائك التى يمكن زيادة مقاومتها بالتصليد ثم التعمير . و من امثلة السبائك التى تعامل حراريا سبائك المجموعة Al-Cu و قد اوردنا بشكل 85 بداية منحنى تسابكها . وتصل قابلية النحاس للذوبان فى الالومنيوم عند درجة الحرارة اليوتكتية (548° م) الى 5.65٪ و تنخفض عند درجة الحرارة المعتادة الى 0.1 ٪ و هكذا يتكون فى السبيكة المحتوية على 5.6 ٪ من النحاس تقريبا نتيجة للتبريد البطىء محلول صلب Al(Cu) و بلورات من المركب CuAl2 .

وتحتوى السبائك التى يمكن زيادة مقاومتها بالمعاملة الحرارية على نحو 4٪ من النحاس ،و عند التسخين يذوب الطور CuAl2 عند درجة 500 – 510 ° تماما و يتكون محلول الصلب وحيد الطور Al(Cu)، و بالتبريد السريع (فى الماء) يمكن تثبيت المحلول الصلب الفوق مشبع الذى تحدث به ظاهرة التعمير لكونه غير مستقر . و بترك السبيكة 5 ايام فى درجة الحرارة الجوية (اى بالتعمير الطبيعى) تتجمع ذرات النحاس بالمحلول فى اركان الشبكة البلورية للالومنيوم مشوهة الشبكة الفراغية مما يساعد على زيادة مقاومة السبيكة . و عند التسخين الى درجة 150 – 180 ° (بالتعمير الصناعى) تزداد المقاومة نتيجة لافرازات دقائق بالغة الصغر من المركب CuAl2 من المحلول الصلب .

و بجدول (13) انواع الـدورالومين مـع بيـان تركيبها و خواصها الميكانيكية الناتجة عند التصليد مـن درجة 500 – 510 ^{o}م و الـتعمير الطبيعى .

و لازالـة أثـر الـتعمير و عـودة السـبيكة الى حالتهـا الاولى بعـد التصـليد ، تسـخن مـدة قصـيرة الى درجـة 250 – 270 ^{o} (العـودة)، و يجرى تلدين الـدورالومين عنـد 360 ^{o} . و السـبائك التـى لا تـزداد متانتهـا بالمعاملـة الحراريـة ذات لدونـة عاليـة و مقاومـة للصـدأ و تـزاد مقاومتهـا بالطرق .

سبائك الالومنيوم التشكيية

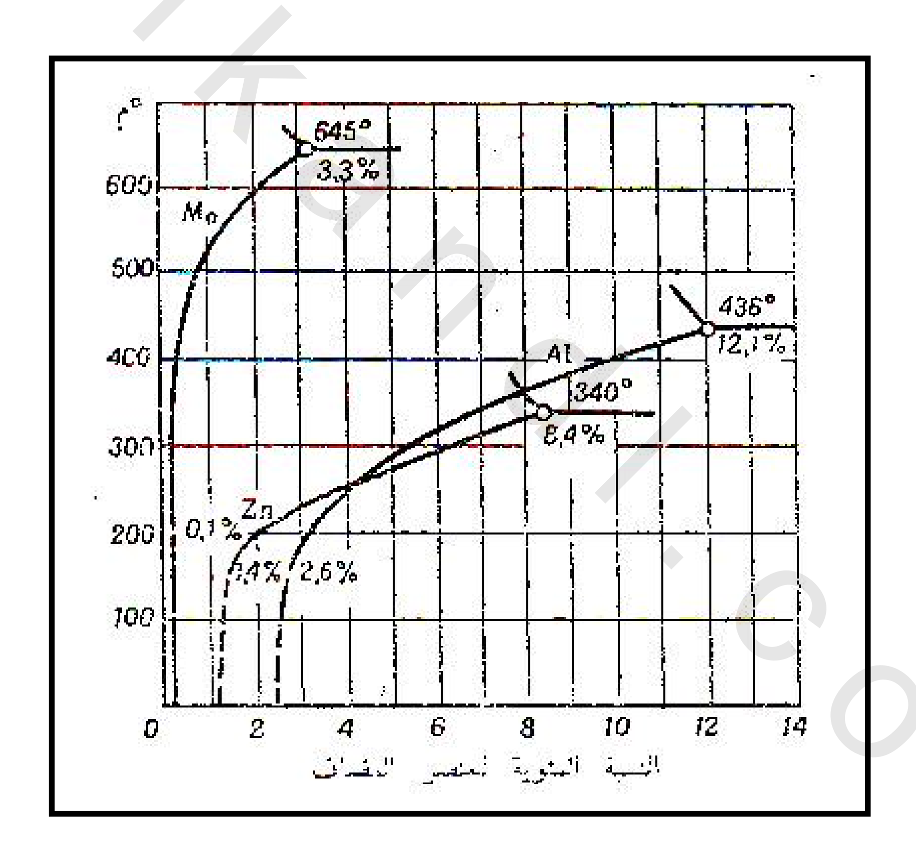
جدول (13)

التركيب، % الباقى Al						سبيكة
Ni	**Fe**	**Si**	**Mn**	**Mg**	**Cu**	
سبائك الطرق و الكبس						
2.3-1.8	1-0.5	1-0.5	0.2	0.8-0.4	4.5-3.5	**AK2**
1.5-1	1.6-1.1	1.2-0.5	0.2	1.8-1.4	2.5-1.9	**AK4**
-	0.7	1.2-0.6	0.8-0.4	0.8-0.5	2.6-1.8	**AK6**
-	0.8	1.2-0.6	1-0.4	0.8-0.4	4.8-3.9	**AK8**
دورالومين						
-	0.7	0.7	0.8-0.4	0.8-0.4	4.8-3.8	**1д**
-	0.5	0.5	1-0.5	1-0.5	5.2-4.6	**6д**
-	0.5	0.5	0.9-0.3	0.9-0.3	4.9-3.8	**16д**
-	0.5	0.5	0.2	0.2	3-2.2	**18д**
السبائك غير القابلة لزيادة المتانة بالمعاملة الحرارية						
-	-	-	0.3	2.5	-	**AMr**
-	-	-	1.6-1	-	-	**AMu**

استعمال	الخواص الميكانيكية				المعاملة الحرارية				الماركة
					التعمير		التصليد		
	HB، الصلادة	δ،%	δs،كجم/مم2	σb،كجم/مم2	مدة الإبقاء ساعة	درجة الحرارة	وسط التبريد	درجة الحرارة	
سبائك الطرق و الكبس									
رؤوس السلندرات	100	13	28	42	-16 18	-165 185	الماء	-510 520	**AK2**
المكابس	110	10	29	44	-16 18	-165 180	~	-510 520	**AK4**
اجنحة الطلمبات المكبوسة	105	13	30	42	-12 18	-150 160	~	-510 520	**AK6**
~	130	13	38	49	8-5	180	~	-500 510	**AK8**
دورالومين									
اجهزة هياكل الماكينات	100	18	24	42	**التعمير الطبيعى**		~	-505 510	**1д**
	105	15	30	46			~	-500 510	**6д**
مسامير البرشام	105	17	33	47			~	-495 510	**16д**
سلك البرشام	70	24	17	30			~	-500 510	**18д**
السبائك غير القابلة لزيادة المتانة بالمعاملة الحرار									
للاجزاء المشغلة بالكبس العميق و اللحام	45	23	-10 20	-20 25	**ملدنة**				**AMr**
	30	20	13-7	-13 16					**AMu**

5- سبائك الماغنسيوم :

بجدول (11) اوردنا خواص الماغنسيوم النقى، و ان سبائك الماغنسيوم ذات اهمية صناعية لكونها ذات وزن نوعى منخفض (17 كجم/سم3)مع مقاومة كافية، و تنتج عمليا سبائك الماغنسيوم مع Zn ، Al ، Mn . و العناصر المذكورة محدودة القابلية للذوبان فى الماغنسيوم (شكل 86) و يذوب الالومنيوم فى الماغنسيوم بنسبة تصل الى 12.1 ٪ و الخارصين بنسبة تصل اى 8.4 ٪ و المنجنيز بنسبة تصل الى 3.3 ٪ .



شكل رقم 86 ، مناطق البداية ببيانى حالة سبائك الماغنسيوم مع Zn ,
Al , Mn

ويكـون الالومنيـوم مـع الماغنسـيوم مركبـا كيميائيـا هـو Al2Mg3 و يكـون الماغنسـيوم مـع الزنـك (الخارصـين) المركـب MgZn، و تسـتعمل سـبائك الماغنسـيوم كمـواد تسـبك او تشـكل، و تـرقم السـبائك المسـبكية بـالحرفين МЛ و بـالرقم المتفـق عليـه لكـل سـبيكة – مثـل МЛ3 ,МЛ4، МЛ2 و السـبائك التشـكيلية بالحرفين MA و الرقم مثل MA3، MA2 وهكذا .

و بجـدول (14) اوردنـا تركيـب و خـواص و اسـتعمال سـبائك الماغنسيوم المسبكية و التشـكيلية، و مـن اكثـر هـذه السـبائك انتشـارا السبيكة МЛ5 و هى احسنها سائلية، و يمكـن سـباكتها فـى الارض و فـى القوالـب المعدنيـة و تحـت الضـغط، و مقاومتهـا القصـوى $\sigma b = 26$ كجم/مم2، و استطالتها قدرها $\delta = 5$ ٪ .

و لرفـع الخـواص الميكانيكيـة للسـبائك МЛ5، МЛ6، МЛ4 ذات العناصـر المحـدودة القابليـة للـذوبان فـى الماغنسـيوم (شـكل 86) تعامـل هـذه السـبائك حراريـا كـالآتى : التصـليد مـع التسـخين الـى 380 – 410 ^{o} و الابقـاء لمـدة 10 – 16 سـاعة و التبريـد فـى الهـواء و التعمير عند درجة 175^{o} لمدة 16 ساعة .

و سبائك الماغنسيوم التشـكيلية اكثـر مقاومـة و متانـة و لدونـة مـن السـبائك المسـبكية، وتـتلخص المعاملـة الحراريـة لهـذه السـبائك فـى التصليد من 350 – 410 ^{o} مع التبريد فى الهواء دون ان يتلو ذلك تعمير، ممـا يحفظ خواص اللدونـة للمحلول الصلب المتجاوز التبريد، و تسـتعمل الاكسدة لحماية سبائك الماغنسيوم من الصدأ، اى تكـون طبقـة مـن الاكسيد على سطح الجزء، كما يستعمل لذلك الطلاء باللاكيه .

سبائك الماغنسيوم

جدول (14)

الماركة	التركيب، ٪ الباقى Mg			الخواص الميكانيكية				الاستعمال
	Al	**Zn**	**Mn**	σb، كجم/مم^2	δs، كجم/مم^2	δ، ٪	**HB**، الصلادة	
السبائك المسبوكة								
MJI2	-	-	2 - 1	10	3	3	35	الاجزاء البسيطة الشكل
MJI3	3.5-2.5	0.1-0.5	0.5 -0.15	16	-	6	40	الاجزاء عالية الكثافة
MJI4	7 – 5	3 – 2	0.5 -0.15	24	9	8	50	محركات السيارات و اجسان الاجهزة
MJI5	9.3-7.5	0.8-0.2	0.5 -0.25	26	8	5	55	
MJI6	11 - 9	-	0.5 -0.1	25	12	2	80	الاجهزة متوسطة التحميل
السبائك التشكيلية								
MA2	4 - 3	0.8-0.2	0.5-0.15	26	16	10	55	الاجزاء المطروقة والمكبوسة
MA3	7 -5.5	1.5-0.5	0.5-0.15	24	10	7	70	
MA5	9.2 –7.8	0.3-0.2	0.5-0.15	30	22	8	75	

6- السبائك المضادة للاحتكاك (لكراسى المحاور) :

يجب ان تستعمل لملء جلب كراسى المحاور مادة تختار بحيث نقى العمود من التآكل و تخلق الظروف اللازمة للتزييت السليم و تخفض من مادة معامل الاحتكاك . و يجب ان تكون هذه المادة ذات لدونة كافية حتى تأخذ شكل العمود و درجة انصهار منخفضة لسهولة صهرها .

وتسمى السبائك التى تلبى المتطلبات المذكورة بالسبائك المضادة للاحتكاك (المحورية) و تتكون بنيتها من اساس صفائحى به جزيئات صلدة و يستقر عنق العمود على هذه الجزيئات الصلدة فى حين يكون تآكل الاساس اللين شبكية من القنوات تمتلىء بالزيت .

و اهم انواع السبائك المحورية هى السبائك المعروفة باسم (السبائك البابيت) .و تستعمل لكراسى المحاور سبائك بابيت ذات اساس من القصدير و الرصاص او سبائك الالومنيوم او البرونز و غيرها .

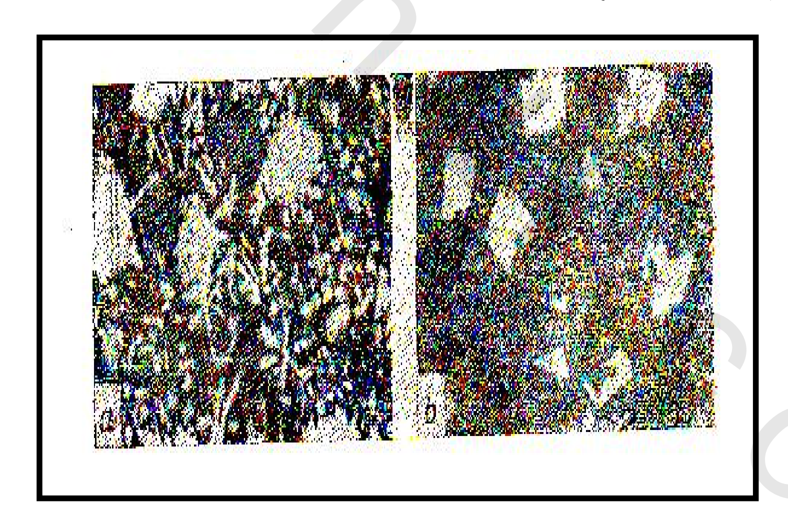
و ترقم سبائك بابيت بالحرف B و يكتب على يمينه رقم يبين نسبة القصدير او حرف يدل على العنصر الداخل فى تركيبه السبيكة (جدول 15)، و تستعمل من سبائك البابيت القصديرية الماركة B83 المحتوية على 83 ٪ Sn ، 11٪ انتيمون، 6 ٪ Cu و يكون القصدير مع الانتيمون محلولين صلبين : المحلول – α على اساس القصدير Sn(Sb)، و يكون اساس السبيكة اللين، و المحلول – β على اساس المركب البين – معدنى SnSb، و هو عبارة عن الجزيئات الصلدة فى بنية السبيكة . و يكون النحاس الموجود فى السبيكة بنسبة 6 ٪ تقريبا

دندريتات خيطية الشكل من المركب البين – معدنى Cu3Sn الذى يمنع الانعزال و طفو البلورات الخفيفة SnSb .

و بشكل (87، a)بنية تقليدية لسبيكة بابيت القصديرية B83 و نرى به الجزيئات المكعبية SnSb و الجزيئات الصغيرة المكونة من Cu3Sn على خلفية معتمة من المحلول الصلب – α .

ولما كان القصدير معدنا نادرا فان سبائك البابيت القصديرية لا تستعمل الا لكراسى المحاور المحملة حملا كبيرا و للماكينات السريعة .

و قد امكن نتيجة لابحاث الاستاذ أ. م. بوتشفار منذ بداية هذا القرن داخل سبائك بابيتعلى اساس رصاصى فى الصناعة بدلا من السبائك القصديرية .



شكل رقم 87 ، بنيان سبيكة بابيت :a) B83 . b) BC × 100

فالاساس فى سبائك بابيت BK ,BC ,BT ,BH ,B6 ,B16 هو الرصاص . ولزيادة مقاومة الرصاص و تكوين جزيئات صلدة محتواة فى هذه السبائك تضاف عدا القصدير العناصر Sb ,Cu ,Fe ,Ca ,Na, و يكون الانتيمون مع الرصاص يوتكتيا (شكل 41) ذا صلادة اعلى بثلاث مرات من صلاجة الرصاص . وهذا اليوتكتى هو اساس السبيكة، وتكون البلورات الزائدة من الانتيمون (بلورات Sb) فى السبيكة جزيئات صلدة . ويمنع النحاس الموجود بالسبيكة بتموينه بلورات خيطية الشكل من Cu3Sn او Cu2Sb (C) انعزال الجزيئات الصلدة المحتواة (شكل 87، b) .

و اساس سبيكة بابيت الكالسيومية غير انتيمونية BK هو الرصاص، يزيد من مقاومته ذوبان الصوديوم فيه Pb(Na) و يكون المركب CaPb3 الناتج عن اتحاد الرصاص و الكالسيوم، الجزيئات الصلدة المحتواة بالسبيكة .

تركيب و استعمال سبائك بابيت

جدول (15)

الماركة	التركيب الكيميائى، ٪						الاستعمال
	Sb	Cu	Cd	Pb	Sn	عناصر اخرى	
B83	12 -10	6.5-5.5	-	-	الباقى	-	ملء كراسى محاور الماكينات كبيرة التحميل
B16	17 -15	2 -1.5	-	الباقى	17 -15	-	لكراسى المحاور متوسطة التحميل

B6	16 -14	3 -2.5	-1.75 2.25	~	6 -5	1 -0.6 As	لكراسى محاور الماكينات خفيفة التحميل
BH	15 -13	2 -1.5	1.75 -1.25	~	11 -9	1.25 -0.75 Ni	لكراسى محاور التوربينات البخارية حتى 1200حصان
BT	16 -14	1.1-0.7	-	~	11 -9	0.9 -0.5 As	لكراسى محاور محركات السيارات
BC	17	1.25	-	~	-	0.2 -0.5 Fe	لكراسى محاور ذات ضغط نوعى منخفض
BK	0.25	-	1.1 -0.75	~	-	0.95 -0.65 Na	~

برونز كراسى المحاور :

يستعمل البرونز المحورى القصديرى المحتوى على 8 ٪ قصدير عندما تكون الضغوط النوعية و السرعات بالكرسى كبيرة . و اساس هذا البرونز هو المحلول الصلب للطور – α (Sn) Cu و الجزيئات الصلدة تتكون م Cu3Sn و بالمثل يستعمل على نطاق واسع البرونز الرصاصى Bp.C30 المحتوى على نحو 30٪ من الرصاص، ولما كان النحاس و الرصاص عديمى الذوبان حتى فى الحالة السائلة ، فاننا

نحصل عند التجميد على خليط ثنائى الطور من بلورات النحاس و الرصاص، و لمنع انعزال الرصاص لثقل وزنه النوعى يستعمل التبريد السريع مع التقليب .

السبائك المحورية على اساس من المعادن الخفيفة :

ومن هذه السبائك :

أ) السبيكة Al + 15 ٪ Cu تتكون بنيتها من اليوتكتى Al + CuAl2 مع زيادة محتواة من CuAl2 .

ب) السبيكة Al + 22٪ Si و تتكون بنيتها من اليوتكتى Si + Al + Si .

جـ) تستعمل من سبائك الماغنسيوم الماركات MA3، MJI4، MA5 كسبائك محورية .

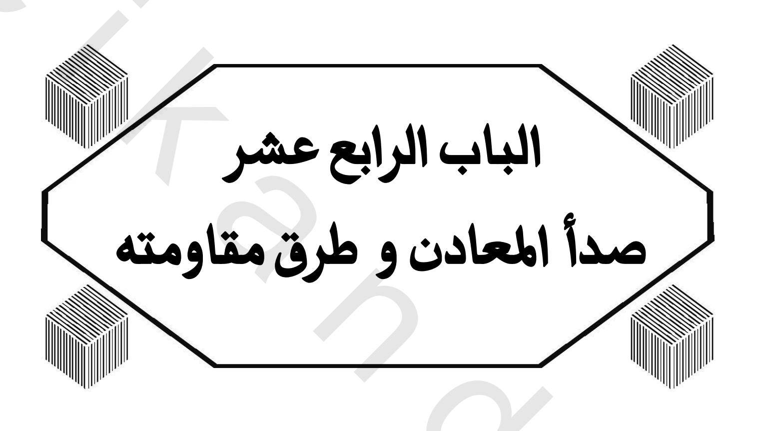
السبائك المحورية السيرامية – المعدنية المسامية :

تستعمل السبائك السيرامية المعدنية التى تتكون من مساحيق الحديد – الجرافيت، الحديد – النحاس – الجرافيت او البرونز – الجرافيت على نطاق واسع فى الصناعة باعتبارها مادة تتميز بقلة التآكل و انخفاض معامل الاحتكاك و بالاحتفاظ بالزيت فى مسامها و بتشكيلها الجيد بشكل الاجزاء الاخرى التى تعمل معها .

و يستعمل كمادة مضادة للاحتكاك عندما تكون الضغوط النوعية كبيرة(P = 20 – 25 كجم /مم2)و السرعات صغيرة (V = 5 م/ثانية) الزهر الرمادى و الطريق : البيرليتى و الفيريت – بيرليتى، و

بها اساس لدن (الفيريت) و محتويات اخرى صلدة (سمنتيت البيرليت) و تكون الاحتواءات الجرافيتية بالزهر (و تكون صفائحية او كروية الزهر الرمادى و مندوفة فى الزهر الطريق)قنوات للاحتفاظ بالزيت كما ان الجرافيت نفسه يقوم بالتشحيم .

و يجب ان تكون ماركات الزهر المضاد للاحتكاك СЧЦ1 و СЧЦ2 (حسب المواصفات القياسية السوفييتية)ذات صلادة HB = 170- 229 .


الباب الرابع عشر
صدأ المعادن و طرق مقاومته



1- **طبيعة الصدأ** :

يتآكل سطح المعادن الموجودة فى حالة تفاعل كيميائى او كهروكيميائى مع الوسط الخارجى، و يسمى مثل هذا التآكل بالصدأ ، و يسبب الصدأ خسائر جسيمة للاقتصاد الوطنى، اذ يدمر كمية ضخمة من المنشآت و الماكينات المعدنية . و لمقاومة الصدأ يجب معرفة اسبابه و الوسائل المجدية لمقاومته . و هناك نوعان من الصدأ الكيميائى و الكهروكيميائى :

1) **الصدأ الكيميائى :**

و يحدث بسبب تفاعل المعدن مع الغازات الجافة و السوائل العازلة (الاثنى كهربية) دون ظهور تيار كهربائية ، ومثل تأكسد صمامات العادم بمحركات الاحتراق الداخلى و مواسير العادم و مصبعات النار بالمواقد و الوصلات الداخلية الميكانيكية التسخين بافران الحدادة و المعاملة الحرارية وما أشبه .

2) **الصدأ الكهروكيميائى :**

و ينشأ نتيجة لظهور التيار الكهربائى نتيجة للتفاعل بين المعدن و الالكتروليتات المحيطة به مثل صدأ الصلب و الزهر و غيرهما من السبائك فى الجو الرطب و فى الماء العذب و ماء البحر و الاحماض و القلويات و المحاليل الملحية و فى الارض . تتكون الشبكة البلورية للمعدن من ايونات موجبة الشحنة (كاتيونات) موجودة باركان الشبكة البلورية و الالكترونات الحرة المتحركة فى حجم المعدن كله .

و يمكن ان تنفصل الكاتيونات عن سطح المعدن و ان تنتقل الى الوسط المجاور – الالكتروليت . و يسمى فرق الجهد المتكون عند

سطح تلامس المعدن مع الالكتروليت و هو الدال على ميل المعدن للذوبان بالجهد القطبى و و تتوقف قيمته اساسا على تركيب الالكتروليت و و يحدد الجهد القطبى للمعادن تجريبيا بمقارنته بجهد الهيدروجين و هو المعتبر مساويا للصفر .

و بجدول (16) اوردنا قيمة الجهد القطبى لبعض المعادن مقاسة بالنسبة للقطب (الالكترود) الهيدروجينى .

و من الجدول نرى ان المعادن الموجودة فوق الهيدروجين ذات جهد موجب و لذا فهى صعبة الذوبان، فى حين ان المعادن الموجودة تحت الهيدروجين تكون اكثر قابلية للذوبان كلما كان جهدها السالب اكبر .

و المعادن النقية و السبائك الوحيدة الطور تقاوم الصدأ جيدا . اما السبائك التى تتكون بنيتها من عدة اطوار ذات جهود مختلفة فهى عبارة عن عمود كهربائى متناهى فىالصغر كثير الاقطاب، و لذا فهى سهلة الصدأ .

و تكون الاجزاء المصنوعة من عدة مواد معدنية مختلفة الجهود عمودا كهربائيا متناهيا فى الصغر فيصبح المعدن المنخفض الجهد مصعدا و يتآكل، فى حين لا يتآكل المعدن الاعلى جهدا لقيامه بدورالمهبط . و على سبيل المثال فانه عند تلامس الحديد مع الزنك (طلاء الحديد بالزنك) يذوب الزنك – و هو هنا المصعد – فى الالكتروليت (يتآكل) فى حين لا يتآكل الحديد . و عند تلامس القصدير مع الحديد فان الحديد بالعكس يصبح مصعدا و يتآكل (اى يصدأ) اما القصدير فيصبح مهبطا و لا يتآكل . و يمكن ان يكون المعدن ايجابيا او سلبيا بالنسبة لتأثير الوسط و تتحدد ايجابية المعدن

بتآكله فى وسط الصدأ كتآكل الحديد فى وسط مؤكسد عند الدرجات العالية للحرارة، و يصبح الحديد و الالومنيوم و الكروم و غيرها بعد ان تؤثر عليها الاوساط المؤكسدة K2Cr2O7، HNO3 سلبية اى انها تتوقف عن الصدأ و هذا ينجم عن تكون غلاف واق على سطح المعدن من الاكاسيد .

القيم القياسية لجهد المعادن

جدول (16)

العنصر	الجهد العادى بالنسبة للهيدروجين	العنصر	الجهد العادى بالنسبة للهيدروجين
الذهب	+150	الكوبالت	- 0.27
الزئبق	+0.86	الحديد	- 0.439
الفضة	+0.80	الكروم	- 0.51
النحاس	+0.334	الزنك	- 0.726
البيرموت	+0.221	المنجنيز	- 1.10
الانتيمون	+0.200	الالومنيوم	- 1.30
الهيدروجين	+0.005	الماغنسيوم	- 1.55
الرصاص	- 0.127	الصوديوم	- 2.71
القصدير	- 0.136	الكالسيوم	- 2.76
النيكل	- 0.23	البوتاسيوم	- 2.92

2- **انواع التآكل بالصدأ** :

يمكن تقسيم التآكل بالصدأ الى ثلاث مجموعات : الصدأ المنتظم و الصدأ المكانى و الصدأ البلورى .

** **الصدأ المنتظم** : و تبدو مظاهرة فى تآكل منتظم للمعدن على كل سطحه، و يحدث هذا فى المعادن او السبائك ذات البنية الوحيدة الطور (المعادن النقية، و المحاليل الصلبة و المركبات الكيميائية) .

**** الصدأ المكانى :** و يتآكل اثناءه المعدن فى اماكن متفرقة من السطح، ويلاحظ حدوث هذا النوع من الصد بالسبائك الكثيرة الاطوار ذات البنية الخشنة كما يحدث بالسبائك الوحيدة الطور والمعادن النقية عند تدمير الغلاف الواقى . و تسبب الخدوش و الحزوز السطحية السطحية صدأ مكانيا اذ تتكون فى هذه الاماكن ظروف مناسبة لتكون الاعمدة الكهربائية المتناهية فى الصغر .

**** الصدأ بين البلورى :** و يتميز بانتشار الصدأ على حدود الحبيبات و يرجع السبب فى ذلك الى ان جهد حدود الحبيبات اقل (مصعد) و جهد الحبيبات اعلى (مهبط) . و هذا النوع من الصدأ هو اكثر الانواع خطرا لانه ينتشر فى اعماق المعدن و لا يسبب اى تغير ملموس على السطح . و تتعرض لهذا النوع من الصدأ انواع الصلب النيكل – كرومية و سبائك الالومنيوم، و هى التى يمكن ان تفرز اطوارا منتشرة .

3- **طرق حماية المعادن من الصدأ** :

تستعمل فى الصناعة طرق مختلفة لحماية المصنوعات و المنشآت المعدنية من الصدأ حسب اسباب حدوث الصدأ و ظروفه . و يمكن تقسيم كل طرق مقاومة الصدأ الى المجموعات التالية : اضافة عناصر سبيكة و تكوين الاغلفة الاكسيدية بالمعاملة بوسط مصدىء، و بالطلاء المعدنى او الطلاء غير المعدنى او بالوقاية الكهربية او بالواقيات (مهبطية).

**** وقاية المعادن من الصدأ باضافة عناصر سبكية :**

و تتاخص فى اضافة عناصر الى السبيكة (Ni)، (Cr) و تمنع هذه العناصر حدوث الصدأ او تقلل منه .

***الاغلفة الاكسيدية :** و يحصل عليها على سطح الاجزاء المعدنية بالاكسدة، و ينقى المعدن من الصدأ جيدا ، و تجرى الاكسدة بمعاملة الجزء فى عوامل مؤكسدة قوية مثل المحلول المائى لصودا كاوية او ملح البارود وما اشبه، و فى العادة تؤكسد المشغولات المصنوعة من السبائك الحديدية و الالومينية و تجرى الفسفتة فى محاليل ساخنة من الفوسفاتات الحامضية للحديد و المنجنيز و تعتبر الطبقة الاكسيدية و الفوسفاتية قاعدة جيدة للتشحيم الواقى (الفازلين او البارافين) و الطلاء و اللاكيه .

الوقاية بمعاملة الوسط الخارجي :

و يتلخص هذا اما فى ازالة المركبات الضارة التى تسبب الصدأ منه (كأن يزال الاكسجين من الماء لمنع الصدأ) ،او ان يضاف الى الماء عامل يقلل من فعاليته و هو الكرومبيك – بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ نسبته 0.5 ٪ (فى نظام التبريد بمحركات الاحتراق الداخلى) و يمنع حدوث الصدأ عمليا .

الوقاية بالطلاء بالمعادن :

و تستعمل على نطاق واسع فى الصناعة و يجب ان نميز بين نوعين من انواع الوقاية – المهبطية و المصعدية .

عند الوقاية المهبطية :

يكون جهد معدن التغطية اعلى من جهد المعدن الاساسى (جدول 16) . و شرط الوقاية ان تكون التغطية كثيفة غير مسامية . ويسبب و ينشأ عن عدم تحقق هذا الشرط (كحدوث خدش مثلا) صدأ هذه الاجزاء، اذ ان المعدن الاساسى (المحمى) يكون مصعدا فى الازدواج الجلفانى المتكون و يتآكل .

الوقاية المصعدية :

و بها يكون جهد معدن التغطية اقل من جهد (جدول 16) وتحمى التغطية المعدن كهروكيميائيا اذ ان المعدن الاساسى سيقوم بدور المهبط عند تكون ازدواج جلفانى، ويقوم معدن التغطية بدور المصعد و يتآكل، و من التغطيات المهبطية الحديد و الصلب و القصدير و الرصاص و النحاس و النيكل، و من التغطيات المصعدية الزنك والالومنيوم و الكالسيوم و البوتاسيوم و تستعمل بالصناعة طرق مختلفة للتغطية بالمعدن كغمره فى المعدن المنصهر و التغطية الجلفانية و التغطية الانتشارية و التغطية بالنثر و طريقة تكوين طبقة على سطح المعدن .

الطريقة الجلفانية للتغطية :

و بها يعلق الجزء بصفة مهبط فى حمام الكتروليتى من محلول مائى لاحد املاح المعدن المرسب و الخواص الواقية للتغطية الجلفانية جيدة فى حين انها بسيطة تكنولوجيا .

التغطية الانتشارية :

للمصنوعات المعدنية و تجرى بواسطة الطلاء بالالومنيوم او الطلاء بالكروم او التغطية الكروم او النتردة و قد تكلمنا عنا فيما سبق . و تخلق طبقة واقية تحمى المعدن الداخلى من الصدأ .

التغطية بطريقة النثر :

و تتلخص فى نثر المعدن المصهور بواسطة الهواء المضغوط من جهاز خاص (المذر) على سطح المعدن الذى ينظف قبل ذلك، و يغذى الجهاز بالمعدن على شكل سلك يصهر اما بلهب غازى او بقوس كهربائى . وتكون التغطية بهذه الطريقة مسامية و هى لذا اقل جودة

من التغطية الجلفانية . و يعطى بهذه الطريقة صناعيا الصلب – بالزنك و الكادميوم و سبائكهما ، كما تغطى المنشأت المصنوعة من الدورالومين بالالمونيوم و الزنك .

التغطية بطريقة ضغط طبقة واقية :

و تتلخص فى ايجاد طبقة على المعدن من معدن اخر يكون غلافا متينا واقيا . و عادة يغطى الحديد بالنحاس و الصلب الغير قابل للصدأ و الدورالومين بالالومنيوم النقى .

الوقاية بالتغطية غير المعدنية :

اى بطلاء سطح الجزء المعدنى بالطلاء او اللاكيه و تستعمل على نطاق واسع نظرا لكونها فى متناول اليد و لبساطتها تكنولوجيا ، و اكثر انواع الطلاء انتشارا طلاء الزيت و الميناء اللاكيه . و عيب التغطية بالطلاء هو تشقق طبقة الطلاء و تمريرها للرطوبة .

الوقاية الكهربائية :

و تستعمل على نطاق واسع لحماية القزانات و اجزاء الصلب من التأكسد عند معاملتها حراريا فى حمامات ملحية .

و تتلخص فى ان الجزء الذى تراد وقايته يوصل الى القطب السالب – المهبط – بشبكة للتيار المستمر تغذى من مولد او بطارية (مركم) و توصل بالمصعد صفيحة من الحديد او الزهر او الرصاص .

الوقاية بالمعدن الواقى :

و تتلخص فى ان المنشأة المنظفة توصل بقطعة من المعدن او السبيكة (الواقى) ذى جهد كهربائى سالب اعلى فى الوسط الذى

توجد به، من جهد المنشأة المراد و قايتها، و لما كان الواقى سيصبح مصعدا فانه يتآكل فى حين تحفظ المنشأة التى ستصبح مهبطا من التآكل، و يستعمل الزنك كواق لمنشآت الصلب . و تستعمل الوقاية بالمعدن الوقى لحماية المنشأت التى تعمل فى ماء البحر و مواسير الماء الموضوعة فى التربة و الجزء الاسفل من السفن و الطائرات المائية و الطلمبات و غيرها .



الباب الخامس عشر
المواد غير المعدنية



و تنقسم المواد غير المعدنية الى مواد عضوية و مواد غير عضوية، و من المواد العضوية المواد الخشبية و اللدائن و المطاط و الورق و المواد الطلائية و الجلد و الفيبر و غيرها . و من المواد غير العضوية الزجاج والسليكات و الاسبستوس و الميكا و المواد الخزفية و الهباب وما اشبه .

1- **اللدائن** (**البلاستيك**) :

اللدائن مواد ذات بنية عالية الجزيئات من اصل عضوى . وتتحول هذه المواد عند تسخينها الى الحالة اللجنة و تتخذ عند الضغط عليها الاشكال المطلوبة للاجزاء المراد صنعها .

و المواد الاولية اللازمة لصنع اللدائن هى المواد التفاعلية الحرارية و المواد ذات اللدونة الحرارية، و اساس المواد التفاعلية الحرارية هو الاصماغ المكثفة اما المواد ذات اللدونة الحرارية فأساساها الاصماغ البلميرية . و يمكن الحصول على الاصماغ المكثفة من بعض التفاعلات التى يصحب تكون المركبات عالية الجزيءية بها افراز نواتج للتفاعل (كالماء و الامونيا و غيرهما) و **البلمرة** هى عملية اتحاد عدة جزيئات لتكوين جزيء واحد كبير، و تنتج الاصماغ البلميرية فى عملية تكوين المركبات عالية الجزيئية دون افراز اى نواتج اخرى جانبية للتفاعل .

و تكبس المواد التفاعلية الحرارية عادة فى اسطمبات ساخنة، اما الاجزاء التى تصنع من المواد ذات اللدونة الحرارية فتصنع غالبا بالصب تحت الضغط، و اذا كانت الاجزاء تصنع من هذه المواد بالكبس فانه يجب تبريدها لتجمد . وتصبح المواد التفاعلية الحرارية بعد تجمدها فى الاسطمبات الساخنة غير قابلة للصهر او الاذابة و غير صالحةلاعادة الكبس و لذا تسمى هذه المواد غير قابلة للعكس . اما

المواد ذات اللدونة الحرارية فلا تتحول الى حالة تصبح معها غير قابلة للصهر او الاذابة و لذا يمكن اعادة تشكيلها بالكبس و تسمى هذه المواد بالمواد القابلة للكبس.

و تنقسم اللدائن حسب بنائها الى نوعين : بسيطة و مركبة ، و من اللدائن البسيطة الزجاج العضوى (اكريلات) و الليتوت و الرزيت و البوليستيرول . و تتركب اللدائن المركبة من عدة اجزاء مكونة المواد اللاصقة و الحشو و هى اضافات مختلفة ، و المواد الملدنة و المادة المشحمة و المعجلات و المواد الملونة .

* **المواد اللاصقة :** و هى التى تربط المركبات معا و تحدد نوع اللدائن و تؤثر على خواصها ، و تستعمل كمواد لاصقة الاصماغ و الاثير و الاسفلت و السليلوز ، و نسبة هذه المواد باللدائن نحو 30 – 60 ٪ .

* **الحشو – اضافات مختلفة :** و تحسن من الخواص الميكانيكية للدائن و تحدد خواصها التكنولوجية و الطبيعية والكهربائية و تخفض من تكاليفها ، و تستعمل كحشو نشارة الخشب و نفايات القطن و الورق و الاقمشة القطنية و الاسبستوس او الميكا والطلق و الالياف الزجاجية . و ينقسم الحشو حسب بنيانه الى مواد مسحوقية ليفية وصفية مشبعة بالصمغ و الحشوات المسحوقية هى نشارة الخشب و الاسبستوس المفتت على شكل مسحوق و الكاولين و الطلق والطين المسامى . و من المواد الليفية الياف الاسبستوس و قصاصات او فروخ الورق و الاقمشة و الالياف الزجاجية و غيرها من المواد و تسمى المواد التى تنتج بوضع عدة طبقات من المواد الليفية و تشبيعها بالاصماغ الصناعية بالمواد الطبقية . و المواد اتلطبقية و الليفية ذات مقاومة ميكانيكية عالية ، و اللدائن التى يستعمل لحشوها الاسبستوس ذات

مقاومة عالية لارتفاع درجة الحرارة، و تعطى الميكا اللدائن خواصا عازلة للكهرباء و مقاومة حرارية مرتفعة . و نسبة الحشو باللدائن من 40 – 60 ٪ و اكثر .

* **المواد الملدنة** : و تزيد من عجينية اللدائن و قابليتها للانسياب وتقلل من قصافتها و جسائتها . و من هذه المواد الكافور والديبوتيلفتلات و التريكريزيلفوسفات، وما أشبه .

* **مواد التزليق** : و تمنع التصاق اللدائن بالاسطمبات اثناء الكبس، و تستعمل كمواد تزليق حامض الزيتيك و الستيارين و الشمع و ستيارات الكالسيوم .

* **المعجلات – العوامل المساعدى :**

مثل هكسا ميتيلنتترامين و غيره و تعجل بعملية .

* **المواد الملونة** : و تستعمل لاعطاء اللدائن الوان مختلفة و قد تكون عضوية او غير عضوية، طبيعية او صناعية، قابلة للذوبان فى الماء و الكحول او غير قابلة . و تنتج اللدائن التكستوليتية و التكستوليتية – الاسبستوسية بلونها الطبيعى دون اضافة اى مواد ملونة، و تلون المساحيق الفينولية بالالوان الاسود و البنى و غيرها . كما تنتج الاصماغ الفينولية المسبوكة بلون المرمر و العاج و غيرهما، و يجب ان تتحمل المواد الملونة درجة حرارة الكبس و الصهر، و ان تلون اللدائن جيدا والا تتفاعل معها والا يتغير تلوينها فى الهواء الجوى او تحت تأثير الضوء .

و يستعمل اكسيد الماغنسيوم و الجير الفينى و الليتوبان كاضافات خاصة لبعض المواد المكبسية، و تعمل هذه الاكاسيد

كمواد للتلميع و تقلل من التصاق المواد بالاسطمبات . و تلعب الخواص الطبيعية و الكيميائية ، و الميكانيكية و التكنولوجية للدائن دورا كبيرا عند صناعتها . و اهم هذه الخواص الوزن النوعى و تحملها للحرارة و انكماشها و قابليتها للانسياب و سرعة تجمدها و نسبة الرطوبة بها و مقاومتها النوعية للصدمات و عازليتها للكهرباء و الحجم النوعى و غيرها من الخواص . و اللدائن من المواد الخفيفة فالوزن النوعى للانواع المختلفة من اللدائن يتراوح من 0.5 – 2.0 جم/ سم3 و لهذا فاللدائن تستعمل على نطاق واسع لتخفيف وزن المصنوعات .

* **تحمل الحرارة** : هو قدرة اللدائن على الاحتفاظ بخواصها الطبيعية و الميكانيكة عند ارتفاع درجة الحرارة .

* **الانكماش** : و هو نقص ابعاد المصنوعات عندما تبرد بعد اخرجها من الاسطمبة الساخنة .

و يدل الفرق فى ابعاد الجزء و هو ساخن و ابعاده و هو بارد معبرا عنه بالنسبة لابعاد الجزء البارد فى المائة ، على مقدار الانكماش . و تنكمش المواد المكبوسةالمحشوة بنشارة الخشب بمقدار 0.6 – 1.0 ٪ و المحشوة بالاسبستوس بمقدار 0.3 – 0.6 ٪ و بمعرفة مقدار انكماش اللدائن يمكن حساب ابعاد الاسطمبة حسابا مضبوطا .

* **قابلية الانسياب** : و تبين قدرة المواد المكبوسة على ملء الاسطمبة تحت تأثير الضغط و درجة الحرارة ، و تتوقف قابلية الانسياب على الاحتكاك الخارجى و الداخلى و سرعة تجمد اللدائن . و يتوقف الاحتكاك الداخلى على لزوجة الصمغ و خواص و حالة و كمية الحشو ، و يؤثر على الاحتكاك الخارجى درجة تلميع سطح القالب و

درجة التصاق المواد به و تتوقف سرعة تجمد الصمغ على تركيبه و درجة حرارة الكبس و على اضافات خاصة تعجل بعملية التجمد او تبطؤها .

❖ **سرعة التجمد** : و هى سرعة تحول اللدائن الى حالة البلمرة الكاملة، اى اتحاد الجزيئات المنفصلة لتكون جزيئات كبيرة، و تؤثر سرعة تجمد اللدائن بدرجة كبيرة على عملية تكون المصنوعات، فعند انقاص سرعة التجمد يجب زيادة مدة ابقاء المواد فى القالب تحت الضغط مما يبطىء من عملية الكبس و يخفض انتاجيتها .

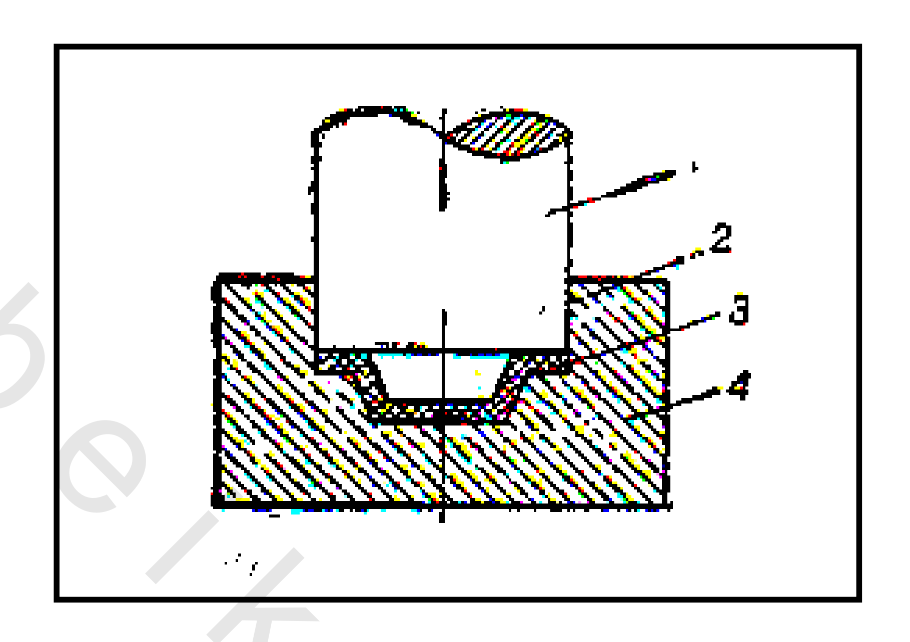
* **الرطوبة الزائدة** : ان الرطوبة الزائدة للمواد الكبس تؤثر تأثيرا سيئا على جودة الجزء المكبوس، و تزيد من مدة الابقاء و تخفض معاملات العزل الكهربائى ز تؤدى الى زيادة الانكماش و الالتواء، و تجعل المظهر الخارجى للمصنوعات رديئا، و لا يجب ان تزيد الرطوبة باللدائن عن 2 – 5 ٪ و عند وجود نسبة كبيرة من الماء باللدائن يجب تجفيفها او تسخينها .

* **مقاومة الصدمات** : مقاومة الصدمات للدائن المحشوة بنشارة الخشب تتراوح بين 4 – 5 كجم/سم2 ،و للدائن المحشوة بالالياف القطنية 9 كجم /سم2 . و اهم طرق صناعة الاجزاء من اللدائن هى : الكبس و السبك تحت ضغط (الحقن) و السباكة فى قوالب .

* **طريقة الكبس** : و تتلخص فى ان فجوة القالب تملأ بالمواد المكبوسة ثم تعرض للضغط عند نظام حرارى معين . و تقوم بالضغط فى عملية تشكيل اللدائن مكابس هيدروليكية او ميكانيكية خاصة و لايظل الضغط ثابتا خلال عملية الكبس . فيصل الضغط عند بداية الكبس عندما تتحول المواد المكبوسة الى الحالة العجينة و تملأ

تجويف القالب و تبدأ فى البلمرة – الى حد اقصى 100 – 500 كجم / سم 2 ،و ذلك حسب تعقيد شكل الجزء و عمق الجزء العامل من القالب. و عند نهاية التشكيل يكون الجزء لم يتجمد بعد ، و لا داعى لابقاء الضغط مرتفعا فى لحظة تجمد الحزء، و لهذا فان المكبس يوقف و يبقى ضغط قدره 12 – 15 كجم/سم2، و تخرج من المواد المكبوسة فى عملية الكبس غازات تتجمع فى التجويف العامل للقالب، و لازالة الغازات يجرى تخفيف الضغط لمدة 2 – 3 ثانية و يتلخص تخفيف الضغط فى ان المكبس يحول الى حركة الانفصال و يخرج الكباس لمسافة 8 – 10 مم من القالب فتخرج الغازات من خلال الخلوص بين جدران الكباس و غرفة الشحن . و القوالب المستعملة بطريقة الكبس ابسط تركيبا و ارخص من تلك المستعملة فى طريقة السبك .

و بشكل (88) رسم تخطيطى لقالب كبس من النوع المقفول و يمتاز بكون غرفة الشحن 2 عبارة عن استمرار لتحويف القالب 4 الذى يدخل به الكباس 1، و يتوقف سمك الجزء 3 على كمية المادة المكبوسة المشحونة . و يمكن استعمال القوالب من هذا النوع للمواد المسحوقية و الطبقية و الليفية، و لطريقة الكبس عيوب تتلخص فى ان تجمد المصنوعات يحدث أبطأ مما فى حالة السبك، و فى استحالة كبس بعض انواع الوصلات المعدنية، و صعوبة كبس عدد من الاجزاء ذات الفتحات غير النافذة، و حدوث اجهادات وزيادة التشوه فى الاجزاء ذات الجدران المختلفة السمك .



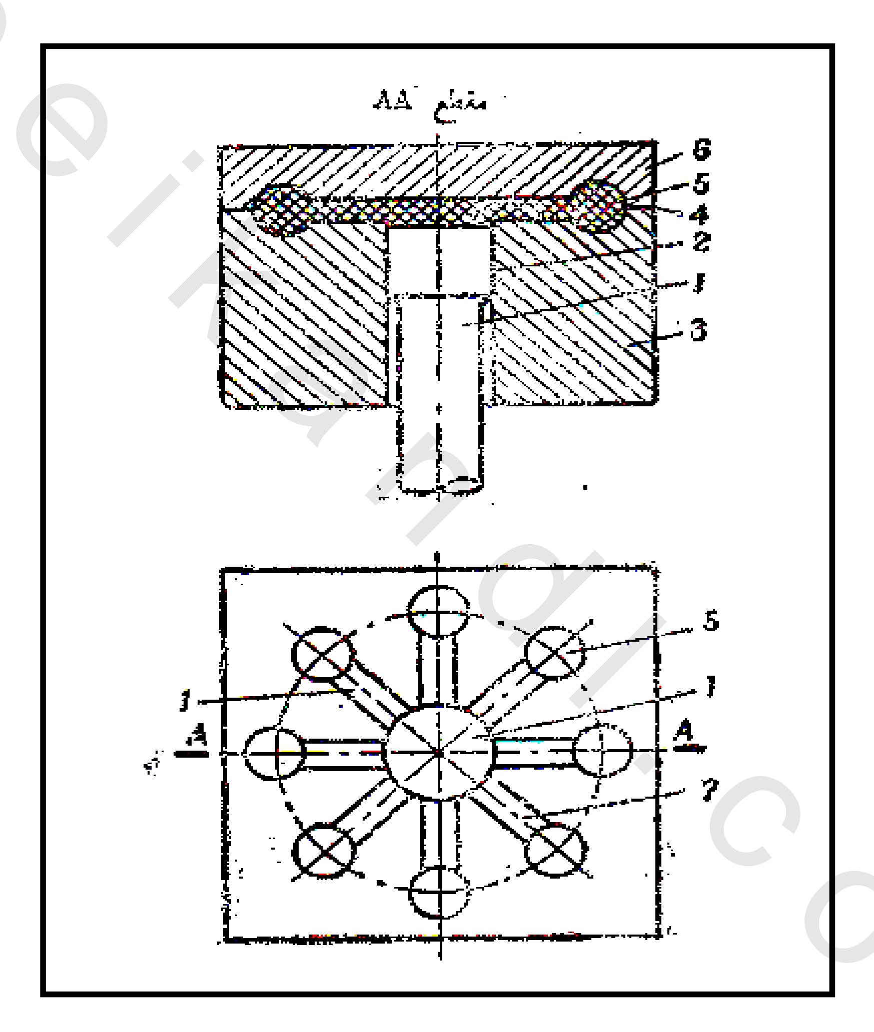
شكل رقم 88 ، رسم تخطيطى بقالب الكبس

و تتلخص طريقة السبك المكبسى فى ان غرفة الشحن تصنع منفصلة عن تجويف القالب و نتيجة لذلك فان القالب يكون مقفلا فى لحظة امتلائه بالمواد المكبوسة ، و توضع المواد المكبوسة فى غرفة الشحن و تقع تحت تأثير الحرارة و الضغط، و عندما تتحول هذه المواد الى الحالة النصف سائلة فانها تنساب فى قنوات خاصة الى تجويف القالب، تجانس المادة المكبوسة فى حالة الكبس المسبكى اعلى من تجانسه فى حالة الكبس ، نظرا لتجانس التسخين بجميع اجزاء المصنوعات، والضغط فى تجويف القالب فى هذه الحالة اكثر بكثير منه فى حالة الكبس و يصل الى 1500 – 2000 كجم/سم2، و تزول فى هذه الطريقة معظم العيوب التى تتميز بها طريقة الكبس .

و بشكل (89) رسم تخطيطى لقالب للكبس المسبكى ذى سطح انفصال افقى . ويتكون القالب من الكباس 1 و غرفة الشحن 2

(و يشغل الكباس بالرسم كل فراغ فى غرفة الشحن) و القالب 3 و سطح الانفصال 4 و الجزء 5 و الغطاء 6 و القنوات المتفرعة 7.

و بمكابس الكبس المسبكى مكبسان يقوم احدهما باغلاق القالب بواسطة الغطاء 6 و يقوم السفلى بدفع المواد المكبوسة الى القالب بمساعدة الكباس 1 .



شكل رقم 89 ، رسم تخطيطى لقالب للكبس المسبكى للدائن بسطح انفصال افقى

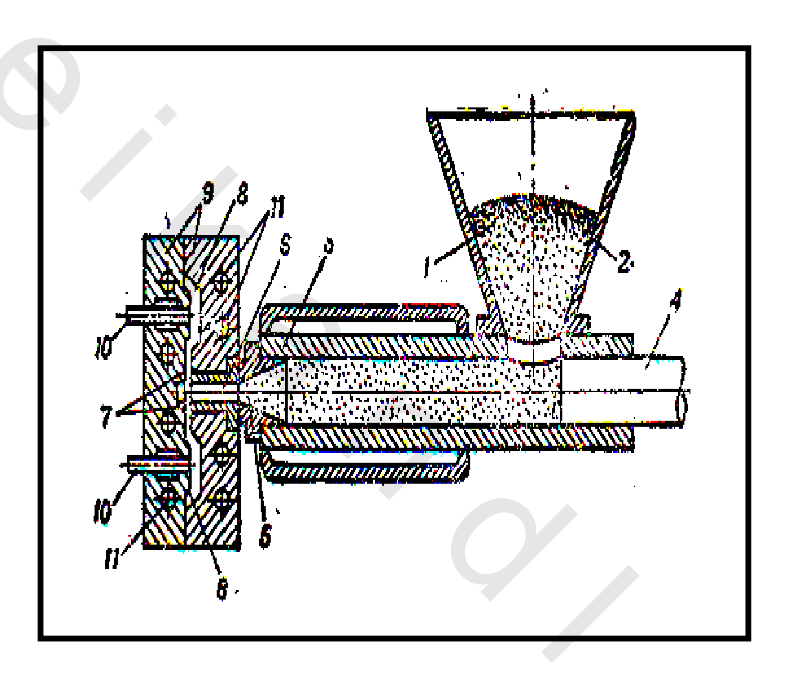
طريقة السباكة تحت الضغط (الحقن):

و تختلف عن طريقة الكبس المسبكى بان القوالب توضع فى ماكينات خاصة هيدروليكية و ميكانيكية للحقن . و بها تغذى المواد المكبوسة (شكل 90) اوتوماتيكيا من الصندوق 2 الى اسطوانة خاصة 3، و تسخن المواد فى هذه الاسطوانة تدريجيا حتى الحالة النصف سائلة و تكبس بواسطة الكباس 4 خلال الصمام (الفونية) 5 و القناة 6 و القنوات المتفرعة 7 الى تجويف التشكيل 8 بالقالب 9، و يجرى رفع الجزء المصنوع من تجويف التشكيل 8 بالقضبان الدافعة 10، و القنوات 11 بالقالب 9 تستعمل للتبريد و تتميز قوالب السباكة تحت الضغط يكون غرفة الشحن بعيدة عن القالب و تكون جزءا لا يتجزأ عن الماكينة، و يتراوح الضغط النوعى الذى يولده المكبس حسب تركيب المواد المكبوسة و قطر فتحة جلب السبك من 160 – 2000 كجم/سم2 . و تمتاز هذه الطريقة بعدة مميزات بالنسبة لطريقة الكبس و الكبس المسبكى، ففى طريقة السباكة تحت الضغط تكون مدة الدورة اقل و انتاجية الماكينة اعلى بكثير فاذا كانت المدة المتوسطة للدورة لجزء وزنه نحو 30 كجم فى حالة الكبس المسبكى نحو 6 دقائق فان الدورة تستغرق لمثل هذه الاجزاء عند السباكة تحت الضغط 10 – 15 ثانية . و يمكن بهذه الطريقة تشكيل اجزاء ذات جدران مختلفة و شكل معقد مع جعل العملية اوتوماتيكيا تماما .

* طريقة السباكة فى قوالب : و تستعمل فى الحالات التى تصنع فيها الاجزاء من مواد لاصقة دون حشو .

و تستعمل اللدائن على نطاق واسع فى الفروع المختلفة للصناعة و فى صناعة الماكينات و فى الاستعمالات المنزلية، وبالذات فى صناعة

الآت الورش و الاجهزة و العدادات و السيارات و الجرارات و الصناعات الكيميائية و الكهربائية ،و تصنع من اللدائن جلب لكراسى المحاور وايدى للأذرع و المنظمات و الازرار و اجسام الاجهزة و تابلوهات التوزيع وتيل و قباقيب الفرامل و تروس نقل الحركة و اجسام المراكم و زجاج البيان و عجلات القيادة و الاجزاء الداخلية بالسيارات و الاحواض والصناديق و الخلاطات و ما أشبه .



شكل رقم 90، رسم تخطيطى لماكينة حقن لسبك اللدائن تحت الضغط

و تستعمل اللدائن اساسا على شكل مساحيق للكبس تتحول الى مصنوعات بالكبس على الساخن ومن اهم هذه المساحيق المستعملة لعزل الكهرباء المساحيق المسماة بالكاربوليتيه .

و تجهز من مساحيق الكبس اللوحات و القباقيب و بنز ماسك الفرش و جلب حلقات التماس، و عندما تتطلب المصنوعات احتمالا كبيرا للحرارة و مقاومة ميكانيكية تستعمل مادة اسبستوسية – بكاليتية للكبس تحتوى على حشو من الياف الاسبستوس . و للاجزاء المستعملة بالصناعة و بالمنزل والتى تتطلب مقاومة عالية للصدمات تستعمل مادة (فيريت) ذات حشو من نفايات القطن، و تستعمل مادة الكبس ذات الحشو من الاسبستوس للمصنوعات ذات المقاومة الميكانيكية العالية و المقاومة عند درجات الحرارة العالية و على الخصوص لاجزاء الفرامل، و يستعمل التكستوليست و هو عبارة عن لدينة طبقة من طبقات توضع فوق بعضها و تشبع بالصمغ الريزول ويضغط عليها نسيج قطنى (الشيفون، البياز، قماش الاحذية .. ا لخ) لصناعة التروس و جلب كراسى المحاور و ما أشبه .

و تعتبر التكستوليست و المواد الكاربوليتية و الفيبريتية من اللدائن الانشائية .

و يمكن زيادة المقاومة الميكانيكية بواسطة التسليح، اى بصناعة اجزاء مركبة من اللدائن و الاجزاء المعدنية تربطهم ببعضهم فى عملية الكبس .

و تعتبر اللدائن الاسبستوسية من لدائن الاحتكاك و هى ذات خواص مفرملة و مقاومتها عالية للحرارة .و يستعمل هذا النوع من اللدائن لصناعة قباقيب الفرامل و تيلها و اقراص القوابض (الكلتش) للسيارات و الطائرات و عربات المترو و الترام و الحفارات و غيرها من الماكينات، و التكستوليست لدينة مضادة للاحتكاك ذات مقاومة ميكانيكية عالية و وزن نوعى صغير و مقاومة ضئيلة للاحتكاك و

ويستعمل التسكتوليست على نطاق واسع كبديل للمعادن غير الحديدية لجلب كراسى المحاور الدرافيل و ما أشبه .

* اللدائن العازلة للكهرباء : و تستعمل لصناعة الاجزاء التى توجد عند استعمالها تحت تأثير جهد كهربى . و تستعمل كمادة كبس لها الاصماغ الفينول – انيلين فورمالدهيدية مع حشو معدنى كالميكا ومسحوق الكوارتز .

و يستعمل على نطاق واسع فى الصناعة البوليميتيل ميتكريلات و ينتج عن بلمرة الاثير المثلى لحامض الميتاكريليك . ويسمى البولى ميثيل ميتا كريلات فى الصناعة بالزجاج العضوى او البليكسيجلاس لصناعة زجاج واجزاء الاجهزة .

و يمكن تشغيل اللدائن بازالة رايش كالخشب الصلد او النحاس الاصفر، و مع ذلك فللدائن عند التشغيل بعض الخصائص . فعند تشغيل اللدائن يكون تآكل الآلة القاطعة اكبر منه عند تشغيل الصلب، و يفسر هذا بعدم تجانس اللدائن و عدم تسارى صلادتها مركباتها المختلفة و رداءة توصيلها الحرارى .

و يجرى تشغيل الميكانيكى للدائن بنشرها بالمناشير القرصية و الشريطية، و بخراطتها على المخارط باقلام من الكاربيد و بتفريزها بفرايز حلزونية ذات حد قاطع كربيدى، و تثقب اللدائن بمثاقيب حلزونية و تجلخ بالصنفرة المتصلة و باحجار الجلخ المعتادة و تلمع باقراص من القماش القطنى او من اللباد او الصوف مع استعمال معاجين roII (معهد البصريات الحكومى) .

2- المواد الحاكة (مواد التجليخ) :

تستعمل المواد الحاكة على نطاق واسع بصناعة الالآت القاطعة لتشغيل المعادن بالتجليخ القاطعة عادة على شكل احجار مختلفة الشكل الجانبى و المقاسات، و على شكل احجار مستطيلة و اقراص و قطاعات، و كذلك على شكل مساحيق و حبيبات تجليخ مختلفة المقاسات و الخواص و الصنفرة . و يمكن بهذه الالآت تشغيل اى مواد او معادن ابتداء من اكثرها لينا (الالومنيوم) حتى السبائك الصلدة .

و تتركب احجار الجلخ من حبيبات صغيرة من مادة التجليخ تربط فيما بينها بمادة لاصقة خاصة، و تزيل حبيبات حجر الجلخ رايشا دقيقا من الجزء المشغل فتعطيه سطحا عالى الجودة من ناحية النعومة و كذلك من من جهة دقته، و تختلف احجار الجلخ حسب : 1) مادة الحبيبات . 2)الحبيبة . 3) الصلادة . 4)المادة اللاصقة . 5) الشكل و المقاس .

و مواد التجليخ اما طبيعية او صناعية، و من مواد التجليخ الطبيعية الحجر الرملى و الكورندوم و الحجر الكورندى – الحديدى .

* الكورندوم : و هو اغلى مواد التجليخ الطبيعية، و يحتوى على 90 ٪ من الالومينا ، و تحتوى مواد التجليخ الطبيعية على شوائب تسىء الى خواصها القاطعة .

* الماس : و هو اصلد مواد التجليخ الطبيعية و لكنه لايستعمل الا لتسوية حبيبات احجار الجلخ المتآكلة فى الاعمال الدقيقة .

* الكورندوم الصناعى : و يحتوى على الالومينا بنسبة تصل الى 95 ٪ و تسمح صلادة الكورندوم العالية و قدرته عند التكسير على

اعطاء مكسر متشعب ذى جوانب حادة – باستعماله لصناعة احجار الجلخ و يسمى الكورندوم الصناعى الذى يحصل عليه بصهر المواد الغنية بالالومينا بواسطة الكهرباء – الكورندوم الكهربائى . ويستعمل فى الوقت الحاضر كمادة تجليخ لصناعة الالآت القاطعة للكورندوم الكهربائى المعتاد و الابيض و كاربيد السليكون الاسود و الاخضر وكاربيد البوريوم و الكورندوم الطبيعى .

* الكورندوم الكهربائى : و هو عبارة عن اكسيد الومينوم متبلور يحصل عليه بالافران الكهربائية من الالومينا النقية (البوكسيت) والكورندوم الكهربائى المعتاد او كما يسمى الالوندوم، ذو لون وردى – احمر او بنى . و الكورندوم الكهربائى (الالوندوم) يحتوى على 87 – 97 ٪ من اكاسيد الالومنيوم و 0.4 – 3.0 ٪ اكسيد حديد و كمية صغيرة من اكاسيد السليكون والتيتانيوم و الكالسيوم .

* الكورندوم الكهربائى المعتاد : درجة انصهار حبيباته 1950 – 2000 ° و وزنه النوعى 3.8 – 3.9 جم / سم 3 و صلادته الميكروسكوبية 2200 – 2600 كجم/مم2، اى اكثر مرتين من صلادة الصلب المصلد . و يحتوى الكورندوم الابيض بالاضافة الى اكسيد الالومنيوم على اكاسيد الحديد و السليكون و التيتانيوم و الكالسيوم و بالاضافة الى الكورندوم الابيض المعتاد و الابيض (مونوكورندوم) يحتوى على نحو 98 ٪ من اكسيد الالومنيوم و 0.9 ٪ من اكسيد الحديد و هو ذو خواص ميكانيكية عالية بالمقارنة بالكورندوم المعتاد . و تستعمل احجار الجلخ الكورندومية لسن الالآت

القاطعة و لتجليخ المعادن ذات المقاومة العالية عند الشد و الاستطالة الكبيرة .

* كاربيد السليكون : او كما يسمى الكاربوندوم و هو مركب كيميائى من السليكون و الكربون يتكون عند 2200 – 2300 º . و الوزن النوعى لكاربيد السليكون 3.1 – 3.2 جم / سم3 و صلادته الميكروسكوبية 3310 كجم/مم2، و يحتوى كاربيد السليكون الاسود على 97 – 98 ٪ من السليكون مع الكربون و 0.6 – 0.7 ٪ اكسيد حديد . و كاربيد السليكون الاخضر له خواص ميكانيكية افضل . و اهم خواص كاربيد السليكون هى حدة جوانب حبيباته و صلادته العالية ، ولكن متانته (مقاومته للصدمات) منخفضة ، و لذلك تستعمل احجار الجلخ من كاربيد السليكون لتجليخ المواد القصفة و اللينة (الزهر و البرونز و الالومنيوم).

و يستعمل لسن الالآت القطع المزودة بالكاربيدات الصلدة كاربيد السليكون الاخضر الذى يحتوى على كاربيد السليكون بنسبة لا تقل عن 97 ٪ .

* كاربيد البوريوم : و يحتوى على كاربيد البوريوم المتبلور بنسبة تصل الى 95 ٪ و صلادته اعلى من صلادة كاربيد السليكون و يستعمل لتحضين الالآت الكاربيدية الصلدة و تصنع احجار الجلخ من مواد تجليخ تنتج فى الافران على شكل قطع كبيرة و كتل، و ذلك بتكسيرها الى حبيبات ذات جوانب حادة ، و تربط الحبيبات المفتتة بعد فرزها حسب الحجم ببعضها بمادة لاصقة تحفظ هذه الحبيبات المفتتة بعد فرزها حسب الحجم ببعضها بمادة لاصقة تحفظ هذه الحبيبات على سطح احجر حتى تثلم حدودها .

* حبيبة احجار الجلخ : و يحددها حجم الحبيبات و يجرى فرز الحبيبات بطريقة النخل و تستعمل للحبيبات التى يتراوح حجمها من 150 – 2300 ميكرون (0.15 – 2.3 مم) و تحدد الحبيبة بعدد الثقوب بالبوصة الطولية من المنخل الذى تنخل به الحبيبات و الرقم الذى يحدد مقدار الحبيبة .

$$ن = \frac{25.4}{a+b}$$

حيث a عرض فتحة المنخل (مم)، b سمك خيط المنخل (مم)

و تحدد المواصفات القياسية السوفييتية 28 (28) رقما للحبيبة تنقسم الى ثلاث مجموعات : المجموعة الاولى – و هى حبيبات التجليخ من الارقام 24 ,20 ,10,12,14,16، 70 ,60 ,54 ,44 ,36 ,30 90 ,80,. و المجموعة الثانية – هى مساحيق التجليخ و ارقام حبيباتها 320 ,280 ,240 ,220 ,180 ,150 ,120 ,100 و المجموعة الثالثة – و هى المساحيق الميكروسكوبية و ارقامها M5، M10, M7 M28, M20, M14, . و على سبيل المثال فان M20, M28 تعنى ان الحبيبات التى تنتمى الى هذه الدرجة ذات مقطع من 20 – 28 ميكرون فى الحالة الاولى و من 14 – 20 ميكرون فى الحالة الثانية .

و تعتبر الآت التجليخ التى تجهز من حبيبات ارقامها من رقم 10 الى رقم 99 و من ضمنها هذه الاخيرة كبيرة الحبيبات فى حين تعتبر المصنوعة من مساحيق حبيباتها من رقم 100 الى رقم 180 و متضمنة الرقم الاخير صغيرة الحبيبات و من رقم 220 الى رقم 320 صغيرة الحبيبات . و ترتبط حبيبات التجليخ و مساحيقه عند صناعة الآت

التجليخ بمواد لاصقة و اكثر هذ المواد انتشارا المواد الخزفية غير العضوية التى تصنع من الطين الحرارى الابيض و الطلق و السبار و المواد العضوية البكاليتية و الفولكانيتية .

* المواد اللاصقة الخزفية : و مقاومتها للرطوبة و الحرارة والعوامل الكيميائية اعلى من مقاومة المواد اللاصقة الاخرى . و تحتفظ المواد الخزفية بالشكل الجانبى العامل لحد الحجر و لكنها حساسة للصدمات و احمال الثنى، و خاصة عندما يكون الحجر رقيقا ، ويمكن ان تعمل الاحجار ذات المواد اللاصقة الخزفية عند سرعة محيطية لا تزيد عن 35 متر /ثانية اذ انها شديدة القصافة و تكسر بسهولة تحت تأثير الصدمات، و يمكن ان تعمل بعض الانواع الخاصة من احجار الجلخ و القطاعات و الاحجار المستطيلة و الرؤوس المادة اللاصقة الخزفية . و تستعمل الآت التجليخ هذه لجميع انواع التجليخ فيما عدا عمليات القطع و فتح المشقبيات الضيقة . و ترمز المواد اللاصقة الخزفية بحرف K فى ترقيم الاحجار .

اما احجار الجلخ ذات المادة اللاصقة الباكليتية فهى ذات مقاومة و مرونة عالية و تسمح بالعمل بسرعة محيطية تصل الى 50متر/ ثانبة، و فى بعض الحالات الخاصة عند التشغيل باحجار قطع رقيقة الى 75 متر/ ثانية، و تصنع احجالا الجلخ و القطاعات و الاحجار المستطيلة المستعملة للقطع و فتح المشقبيات الضيقة و لتجليخ الصلب المصلد و سن الالآت و عند التجليخ باقراص جلخ مكونة من القطاعات و الاحجار المستطيلة و عند التجليخ الواجهى و التحضين وتجليخ الاسطوانات و القلاووظ – تصنع بمادة لاصقة بكاليتية . و يرمز للمادة اللاصقة البكاليتية بحرف B .

و احجار الجلخ ذات المادة اللاصقة الفولكانيتية اكثر مرونة و اقل مقاومة للحرارة من البكاليتية . ذا ان المادة الفولكانيتية ذات بنية شديدة الكثافة و لا تصلح لازالة علاوة تجليخ كبيرة، تصنع الاحجار القرصية و الاحجار المسطحة و الرؤوس بمادة لاصقة فولكانيتية .

و تستعمل هذه الاحجار للقطع و فتح المشقبيات و كذلك عند شق و تجليخ الاسطح الكروية و فى عمليات التشطيب و التجليخ الواجهى و فى التجليخ اللاذنبى (الاحجار المحركة) . و علاوة على خواص مادة التجليخ و الحبيبة و تركيب المادة اللاصقة و قدرتها على الاحتفاظ بالحبيبات المجلخة فى وقت العمل، ويسمى حجر الجلخ لينا عندما يسهل نزع الحبيبات منه، و صلبا اذا كان نزع الحبيبات منه صعبا . وتتوقف صلابة الحجر على صلادة المادة المشغة فاذا كان الحجر شديد الصلابة فانه سرعان ما تشحن فجواته بالرايش كما يسخن الجزء المشغل ،و اذا كان الحجر شديد الليونة فانه يتآكل بسرعة و لا يعطى تجليخا مضبوطا .

و تستعمل لتجليخ الصلب المصلد احجار لينة اذ ان الحبيبات الثالمة تنتزع بسهولة فنكشف حبيبات جديدة حادة الجوانب، و عند تجليخ الصلب اللين تستعمل احجار صلبة، وتستعمل لتجليخ النحاس الاصفر احجار لينة كبيرة الحبيبات اذ ان الاحجار الصلبة تشحن فجواتها بالرايش بسرعة .

و يفهم بصلابة آلة التجليخ مقاومة المادة اللاصقة لانتزاع الحبيبات المجلخة من سطح الىلة تحت تأثير القوى الخارجية، و تتقسم آلات التجليخ حسب صلادتها تبعا للمواصفات القياسية السوفييتية الى الدرجات الاتية :

M – لين .... M3 ,M2 ,M3

CM – متوسط اللينة ....CM2، CM1

C – متوسط ....C2 ، C1

CT – متوسط الصلابة ....C3 ، C2، C1

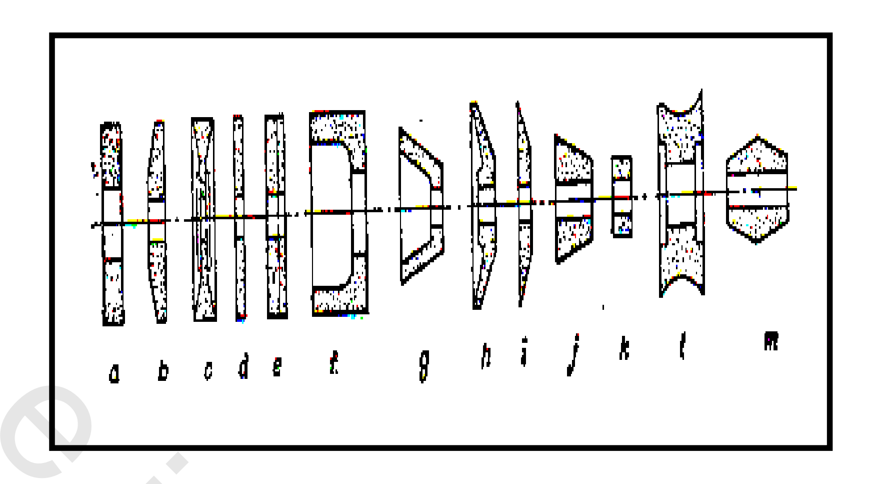
T – صلب ....T2 ، T1

BT – شديد الصلابة ....BT2 ، BT1

ЧТ – بالغ الصلابة ....ЧТ2، ЧТ1

و تنتج الآت التجليخ ذات المادة اللاصقة الخزفية و البكاليتية بجميع درجات الصلابة و مشتقاتها ، و تنتج الآت التجليخ ذات المادة اللاصقة الفولكانيتية من الدرجات T ,CT ,C ,CM فقط .

* شكل احجار الجلخ : و هناك اشكال مختلفة تقابل عمليا لاحجار الجلخ و بشكل (91) اشكال بعض احجار الجلخ، و تستعمل الاحجار المسطحة (92، a-e) للتجليخ الاسطوانى الخارجى، و الاحجار الفنجانية الشكل (شكل 92، g,f) تستعمل اساسا لتجليخ السطوح المستوية . و تستعمل الاحجار الطبقية الشكل (91، i,h) لسن الفرايز و البراغل و ذكور القلاووظ و ما أشبه و و بشكل (91، l,k) بينا احجارا لتجليخ السطوح الداخلية الاسطوانية و المخروطية ، و بشكل (91، l) بينا حجر لسن الابر اما الحجر بشكل (91، m) فيستعمل لسن اسلحة الحاصدات .



شكل رقم 91 ، أشكال احجار الجلخ :

a,b,c,d.e – مسطحة، g,f – طبقية ، j , k - التجليخ الداخلى، l- لسن الابر ، m– لسن اسلحة الحاصدات

و تتراوح اقطار الاحجام من3 الى 2500 مم، و يجب عند اختيار خواص المادة اللاصقة و الحبيبة و صلابة الاحجار ان نبنى هذاالاختيار على اساس الشروط التالية : لتجليخ انواع الصلب المصلد يجب استعمال الاحجار اللينة، و لتجليخ المعادن اللينة تختار الاحجار الصلدة ذات البنية المسامية، ولزيادة الانتاجية تستعمل احجار كبيرة الحبيبات، و للحصول على نعومة افضل للسطح المشغل نستعمل احجار صغيرة الحبيبات .

فعلى سبيل المثال لتجليخ الصلب الانشائى المصلد تجليخا اسطوانيا يستعمل حجر نوع المادة المجلخة به э و Эb وحبيبته 36 – 80 و صلابته M3CM1 و المادة اللاصقة به K او B و لتجليخ البرونز الصلد يؤخذ حجر مادة التجليخ به э و حبيبته 36 – 60، و صلابته M3-CM1 و المادة اللاصقة K . ويوجد لجميع احجار الجلخ ترقيم

خاص يميز خواصها من جهة الصلابة و الحبيبية و المادة اللاصقة و نوع المادة المجلخة مع بيان السرعة المحيطية التى يضمن معها امن العمل .

و تتلخص عملية التحضين فى ازالة جزيئات من المعدن بواسطة المواد المجلخة، و تجرى عملية التحضين بمحضنات من الزهر و النحاس و الرصاصو ما أشبه تشبع سطوحها بالمساحيق المجلخة المخلوطة بالزيت، و تستعمل كمادة للتجليخ الصنفرة ومسحوق الكورندوم و الكاربورندوم ذى الحبيبة من80 – 120 للتحضين، و الاولى و 150 – 240 للتحضين النهائى، و بالاضافة الى ذلك تستعمل المعاجين ГОИ (معهد البصريات الحكومى) ذات الحبيبة من M28 الى M5 و يدخل فى تركيب المعاجين اكسيد الكروم (74 – 81 ٪) و عدد المكونات الاخرى (السليكا و السنيارين و الشحم المفتت و غيرها) .

و تستعمل لتحضين الاجزاء احجار الجلخ المستطيلة المصنوعة من الكورندوم الكهربائى ذات المادة اللاصقة الخزفية او الكاليتية و تؤخذ الاحجار المستطيلة بحبيبة من 320 الى M20 – و صلابة CM3-M3 للمواد اللينة و M3-M1 للصلب المصلد . و يجرى التلميع باحجار لينة مشبعة بالمعاجين او مساحيق التجليخ للحصول على سطح لامع كالمرآة للاجزاء المشغلة .

3- **مواد التزليق** (**التزييت**) **و التبريد** :

استعمال مواد التزليق (التزييت) :

و يتلخص فى تحقيق طول مدة عمل الاجزاء المحتكة باى مكينة، ويوضع سائل التزليق على السطوح المحتكة لاجزاء الماكينة فيكون فيما بينها اغشية سائلة مزلقة تنقص من مساحة التلامس

المعدنى المباشر للسطحيين المحتكين او تمنع هذا التلامس كلية ، و تخفض بذلك معامل الاحتكاك وما ينشأ عنه من فقدان للقدرة بالماكينة ، و بالاضافة الى ذلك فان سوائل التزليق بسريانها بين السطحين المحتكين تحسن من توصيل الحرارة و تخلق ظروفا مناسبة للعمل الطبيعى للازدواج المحتك . و يساوى معامل الاحتكاك للسطوح غير المزيتة 0.1 – 0.5 تقريبا فى حين لايزيد هذا المعامل عندما تفصل هذه السطوح طبقة تزييت متصلة عن 0.002 – 0.01 و فى الحالة الاخيرة يكون فقدان الطاقة بالماكينة بسبب الاحتكاك اقل 50 مرة منه فى حالة عدم التزييت .

و تنقسم مواد التزييت الى مواد معدنية و حيوانية و نباتية ، و تستعمل فى الوقت الحاضر الزيوت المعدنية على نطاق واسع كمواد تزييت اساسية و الزيوت ذات الاصل المعدنى هى من نواتج تكرير البترول، و هى اكثر مواد التزييت استعمالا لتزييت الجرارات و السيارات و الطائرات و آلات الورش و مختلف المعدات .

و قد كان العالم الروسى البارز أ. د. مندلييف من اوائل من لفتوا الى اهمية الحصول على مواد التزييت من مازوت النفط القوقازى . و تتميز انواع الزيوت المعدنية بخواصها الطبيعية – الكيميائية التى يجب ان تلبى شروطا معينة تتوقف على ظروف استخدامها ، فيجب ان ينتشر الزيت جيدا على سطح المعدن و ان يلتصق بقوة الى السطوح المعدنية ، و تسمى هذه الخاصية بالزيتية او القدرة على التزييت او القدرة على الالتصاق، و كلما كان السائل اكثف كلما زادت لزوجته ، و لا يمكن ان تستعمل كمواد للتزييت الا السوائل التى تتصف فى نفس الوقت بزيتية و لزوجة كبيرتين، و كلما ان مواد التزييت تتميز بكمية

احتوائها على الشوائب الضارة و بقابليتها للالتهاب و بدرجة حرارة تجمدها و وزنها النوعى .

و اكثر انواع الزيوت استعمالا فى صناعة آلات الورش هى زيوت المحاور (الماركات 2، 3) و زيوت الماكينات (الماركات T, C, Л) و الاسطوانات والشحم الفازلينى و الفيلوسيت، و يستعمل لتزييت المجارى الافقية للآلات الورش عند العمل بسرعات كبيرة و حمولة صغيرة – زيت المحاور 3 ذى اللزوجة 2.8 – 3.2، و الوزن النوعى 0.881 – 0.901، ودرجة الالتهاب 170 ^{o} و درجة التجمد – 15 ^{o} . ولتزييت صناديق التروس التى تعمل بسرعات كبيرة يستعمل زيت الماكينات Л ذى اللزوجة 4.0 – 4.5 و الوزن النوعى 0.886 – 0.916، و درجة التهاب 180 ^{o} و درجة التجمد – 10 ^{o} .

و بالاضافة الى ذلك تستعمل فى صناعة آلات الورش شحوم التزليق، و تتكون هذه الشحوم من خليط غروى دقيق من الزيت المعدنى (75 – 95 ٪) و الصابون و تستعمل بنجاح لتزييت التركيبات التى تعمل على سرعات بطيئة و حمولة كبيرة عندما يكون توصيل الزيت السائل صعبا او غير اقتصادى .

و لتزييت محركات الطيارات تستعمل زيوت الطيران من الماركات MC-24, MC-20, MC-14, MK-22 ودرجة التهابها فى بودقة مغلقة 200 و 230 و 235 و 240 ^{o} و درجة تجمدها - 14 و، - 30، - 18 ، - 17 ^{o} و تستخرج زيوت الطيران هذه من افضل انواع البترول الزيتى، و لتزييت محركات السيارات شتاء عند درجات الحرارة الاقل من - 15 ^{o} ، و كراسى محاور المحركات الكهربائية و المولدات التى تعمل على سرعات تصل الى 1000 لفة/ دقيقة، و يستعمل

الافتول 4 و لزوجته 3.5 – 4 و درجة التهابه فى بودقة مفتوحة لا تقل 180 °، و درجة تجمده لا تزيد عن - 30 ° .

* سوائل التبريد و التزييت : و تستعمل لتسهيل عملية تشغيل المعادن بالقطع، مما يسمح بزيادة سرعة القطع و بالتالى بزيادة الانتاجية، و يجب ان تكون هذه السوائل ذات خواص مضادة للصدأ، و ان تكون درجة التهابا عالية لتجنب خطر الاشتعال، و يجب الا تسبب اى تهيج للاغشية المخاطية و لجلد العمال و يجب ان تكون درجة التهابها عالية لتجنب خطر الاشتعال، و يجب الا تكون ذات رائحة كريهة .

و تنقسم سوائل التبريد و التزييت المستعملة عند تشغيل المعادن بالقطع الى سوائل مبردة، و مبردة و مزيتة، و مزيتة و مبردة جزئيا .

** و من السوائل المبردة محاليل الالكتروليتات و يدخل فى تركيبها الماء و المواد المانعة للصدأ المسماة (بمانعات الصدأ) مثل كربونات الصوديوم و سليكات الصوديوم و البوتاسيوم – و الزجاج السائل و نتريت الصوديوم وما أشبه .

** والسوائل المبردة و المزيتة عبارة عن محاليل مائية لمواد فعالة سطحيا (الصوابين) وتحتوى على الماء و المواد الفعالة سطحيا (انواع الصابون : البوتاسومية و الصوديومية و الترياتانولامينية و البترولية وحوامض الزيتيك و زيت الخروع المكبرت و غيرها ..) و مانع للصدأ، وكذلك المستحلبات و المحاليل الشفافة و يدخل فى تركيبها الماء والمواد الفعالة سطحيا و الزيت المعدنى المستحلب (المضاف اليه الصابون و املاح الاحماض الشحمية) و مانع الصدأ .

*و من السوائل المزيتة و المبردة جزئيا المستحلبات المزادة فعاليتها وتحتوى على الماء و المواد الفعالة سطحيا و الزيت المستحلب و مانع الصدأ كما يحتوى على الزيوت : المعدنية و المعدنية المزادة فعاليتها بالمواد الفعالة سطحيا المكبرتة او المحتوية على كبريت، و المكبرتة و المكلورة، و المركبة (المتكونة من زيت نباتى و معدنى) و الزيوت المكبرتة مع اضافات (من الجرافيت) .

و المستحلبات عبارة عن خليط من سائلين غير قابلين للذوبان كليا او جزئيا ، وبها ينتشر احد السائلين فى الاخر على شكل نقط بالغة الصغر، و لزيادة استقرارها تضاف اليها المثبتات (مثبتات المستحلبات)، و مثبتات المستحلبات هى الصوابين – املاح الاحماض الشحمية .

و يتم اختيار سوائل التبريد و التزييت و استعمالها فى الصناعة حسب طريقة تشغيل الاجزاء و قابلية المادة للتشغيل، و حسب المعدات و الالآت المستعملة ، و بحيث تضمن سلامة العامل و الحفاظ على المعدات و آلات الورش الثمينة و آلات القطع و القياس الغالية ، و للحصول على جودة عالية للمصنوعات .

و تزيت المخارط الآلية بالزيوت اساسا و لا تستعمل سوائل التبريد و التزييت المائية (المستحلبات) الا على نطاق محدود ، اذ ان وقوع المستحلبات فى كراسى المحاور يؤدى الى تحويل الزيت الموجود بها الى مستحلبات ومن ثم الى تزييت السطوح العاملة للكراسى بالمستحلب بدلا من الزيت .

و قد اعطت الزيوت المكبرتة (السولفافريزول) نتائج حسنة فى كثير من العمليات النهائية لتشغيل الصلب على المخارط

الاتوماتيكية و النصف اوتوماتيكية و مخارط قطع المسامير و القلاووظ و قطع التروس .

و السولفافريزول سائل مزيت – مبرد يدخل فى تركيبه الزيت المعدنى المزادة فاعليته بالكبريت (بما لا يقل عن 1.7 ٪) و المواد الصبغية . و درجة التهاب السولفافريزول لا تقل عن 140 ^{o} و لا يدخل الماء فى تركيبه . و يستعمل عند الخارطة النهائية و التفريز والثقب (بنسبة طول الثقب الى قطره 3 – 5) محلول مائى للصابون يحتوى على0.5– 1.0 ٪ من الصابون و 0.5– 0.75 ٪ من الصودا المكلسة او ثالث نترات الفوسفات و0.25٪ من نترات الصوديوم، وكذلك المستحلب المحتوى على3–4٪ من زيت المستحلب (الامولسول) و0.3 ٪ من الصودا المكلسة او ثالث نترات الفوسفات او0.2٪ من الزجاج السائل .

و الامولسول محلول غروى للصوابين و الاحماض العضوية فى زيوت معدنية مثبتة بالماء او بمحلول كحولى، و ينتج فى الصناعة الامولسول على عدة انواع يدخل فى تركيبها 7 ٪ من حامض الزيتيك و 10 ٪ من القلفونية و نحو 4 ٪ من محلول الصودا الكاوية و2.5– 4٪من الكحول والباقى زيت محاور رقم 3 .

و يجب ان تستعمل عند تشغيل سبائك الماغنسيوم زيوت معدنية منتقاة جيدا ، و يجب الا تستعمل المحاليل المائية و المستحلبات لتجنب الاشتعال .

و يمكن تشغيل سبائك الالومنيوم باستعمال الزيوت المعدنية وزيت السولار ، و يفضل عدم استعمال السوائل المبردة – المزيتة عند تشغيل الزهر و غيره من المعادن غير اللدنة و ذلك لضعف تأثير هذه السوائل على الزهر بما يحدث عند تشغيل المعادن اللدينة .


القسم الثالث
الانتاج المسبكى (السباكة)




الباب السادس عشر
الانتاج المسبكى (السباكة)


obeikandl.com

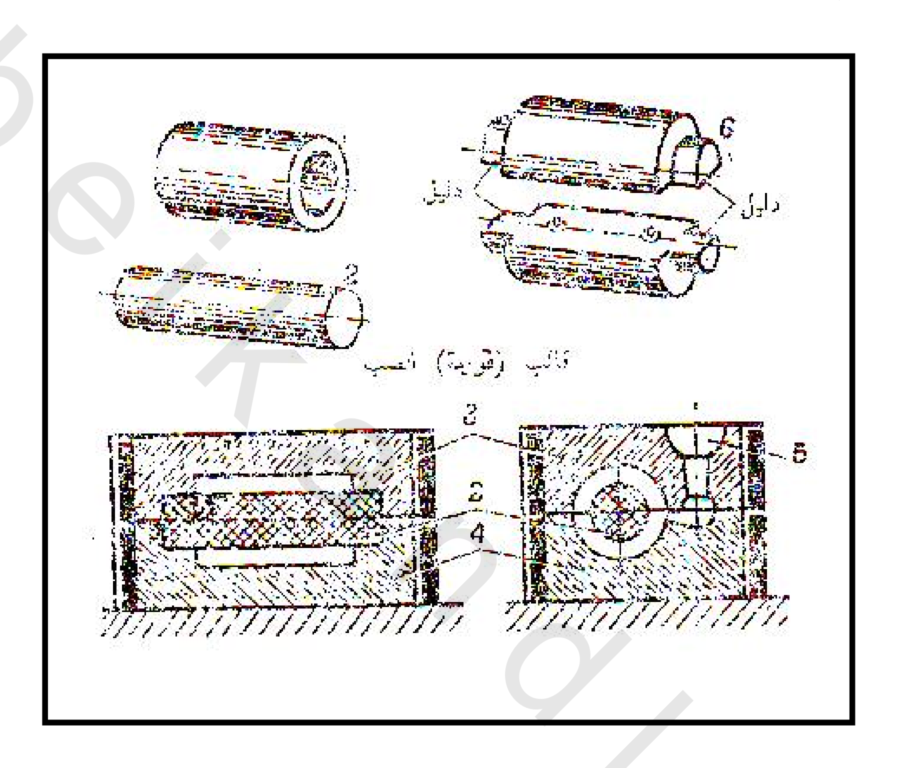
مقدمة :

تـتلخص السـباكة فـى الحصـول علـى المسـبوكات، اى المصـنوعات و الخامـات النصـف مصـنعة المسـتعملة لصـناعة الاجـزاء الماكينـات بطريقـة صب المعـدن المنصـهر فـى قوالـب السـباكة، و اهـم مميزات السباكة كطريقة تكنولوجية هى سهولة الحصول بواسطتها على اجزاء ذات شكل هندسى بالغ التعقيد . و تستعمل قوالب السباكة الرملية المجهزة من خلائط خاصة لانتاج مسبوكة واحدة فقط و تتحطم عنـد اخـراج المسـبوكة منهـا (قوالـب تسـتعمل مـرة واحـدة او وقتيـة) . و تسـتعمل فـى الانتـاج المسـبكى الحـديث بالاضـافة الى القوالـب الرمليـة قوالب شبه دائمة من الحراريات و قوالب معدنية (السباكة فى قوالـب و السباكة الطاردة المركزية و السباكة تحت الضغط) و السـباكة فـى القوالـب المعدنيـة هـى اكثـر طـرق السـباكة تقـدما ، و تسـمح بتحسـين جودة المسبوكات و زيادة دقتها .

و بشـكل (92) اوردنـا العناصـر الاساسـية لقالـب السـباكة فـى مثـال لسـباكة الجلبـة 1 و يتكـون القالـب مـن نصـفين – الاسـفل 4 والاعلى 3 و يجهزان فىالريزقين الاسفل و الاعلى فى الترتيب .

و يحصل على تجويف القالب و هـو عبـارة عـن طبعـة للمسبوكة المستقبلة ، باستعمال النموذج 6 المصنوع مـن الخشـب ، او مـن المعـدن عنـد الانتاج بالجملة ، و هـو مـن نصـفين يمكـن فصـلهما ، و يتكـون التجويـف الـداخلى للجلبـة بواسـطة القالـب (الـدليك) 2 الـذى يوضـع فـى القالـب . ويصـنع الـدليك مـن رمـل الـدليك فـى صـناديق دليـك خاصـة . و بـالنموذج بروازات دليلية تكون بالقالب اماكن لوضع الدليك (مواطىء الـدليك) . و يملأ المعدن السـائل الـذى نحصـل عليـه بـافران الصـهر تجويـف القالـب

عن طريق قنوات نظام الصب 5 (المصبات) و يكون بتجمده فيها المسبوكة، و بعد اخراج المسبوكة من القالب و اخراج الدليك من المسبوكة، تقطع المصبات و تنظف المسبوكة من الرمل الذى يلتصق محترقا به .



شكل رقم 92 ، العناصر الاساسية لقالب السباكة

و تنقسم عملية السباكة الاساسية الى العمليات التالية : ختم الاجزاء، صب المعدن السائل فى القوالب، اخراج المسبوكات بعد تجمد المعدن، تنظيف المسبوكات المنتجة من القوالب و كسر مصباتها .

المواد و المعدات اللازمة لتجهيز قوالب السباكة :

1- رمل السباكة و رمل الدليك :

تصنع القوالب الرملية من مواد تسمى بخلائط السباكة وتصنع الدلاليك من خلائط الدليك . و بالرغم من استعمال القوالب المعدنية فى الانتاج المسبكى الحديث الا ان 90٪ من المسبوكات ما تزال تصنع فى قوالب رملية تجهز منرمل السباكة، و يتكون اساسا من الرمل و الطين مع بعض الاضافات .

و يجب ان يكون رمل السباكة و الخلائط التى تجهز منه للسباكة و لصناعة الدليك رخيصة و ان تكون ذات خواص معينة العجينة، و المقاومة و انفاذية الغازات و مقاومة الحرارة و توصيل الحرارة، و طول مدة الاستعمال و الانضغاط .

*** العجينة :**

و هى التى تحدد قدرة الرمل على اتخاذ شكل النموذج المختوم بدقة او شكل صندوق الدليك، و تزداد عجينة الرمل عند احتوائه على المواد الطينية و الماء (حتى 8 ٪ من الماء) .

*** المقاومة :**

و تحدد مقاومة القالب للقوى التى تحاول تحطيمه كالصدمات التى تحدث عند تجميع القالب و عند نقله و كذلك عند ملئه بالمعدن السائل . و تزداد مقاومة الرمل عند زيادة ما يحتوى عليه من الطين و غيره من المواد الرابطة، و تتوقف المقاومة كذلك على مقاييس و شكل حبيبات الرمل، و تحدد المقاومة بشد عينات جافة او ضغط عينات رطبة بأجهزة خاصة و تقاس بالـ كجم/سم2 .

* **انفاذية الغازات :**

و تحدد قدرة الرمل و الخلائط على تمرير الغازات و تتوقف على المسامية ، و الانفاذية العالية للغازات و هى مطلوبة لتسهيل خروج الهواء و بخار الماء و بصفة اساسية الغازات التى تتصاعد من المعدن عند تبريده و تجمده فى القالب من تجويف القالب .

و فى حالة انفاذية القالب و الدليك غير الكافية للغازات لا تستطيع الغازات ان تخرج خلال جدران القالب، و تبقى فى المعدن مسببة تكون فقاقيع غازية . وتتوقف انفاذية الرمل و الخلائط للغازات على ابعاد الحبيبات و شكلها (بنية الحبيبات)، و الرطوبة و نسبة المكونات الطينية و درجة التكبيس، و تعطى الحبيبات الكبيرة التى تتكبس اقل من الصغيرة مسامية كبيرة . و تحسن الرطوبة فى الحدود 4 – 6 ٪ من الانفاذية بترطيبها للحبيبات الجافة، و ازالتها لخشونتها و تغطيتها بغشاء ناعم من الماء .

* **مقاومة الحرارة :**

و تحدد قدرة الرمل على تحمل درجة حرارة كبيرة للمعدن المنسوب فى القالب دون ان يلين او ينصهر او يحترق ملتصقا بسطح المسبوكة، و عندما تكون مقاومة الرمل للحرارة غير كافية تتكون على المسبوكة طبقة من الرمل المحترق تعوق تنظيف المسبوكات و تشغيلها بالألآت القاطعة و ترفع من تكاليفها ، و تخفض الشوائب التى تعطى مع Sio2 مركبات سهلة الانصهار مثل CaCO3 ، MgCO3، Na2CO3 و غيرها من مقاومة الرمل الحرارى .

*** توصيل الحرارة :**

يؤثر توصيل الحرارة لمادة القالب على سرعة تبريد المعدن المصبوب فى القالب و بالتالى على بنيته، و يتوقف توصيل الحرارة على درجة رطوبة القالب و لذلك كثيرا ما يلزم تجفيف القوالب المستعملة لسباكة المسبوكات الكبيرة من الصلب و الزهر لتقليل توصيلها للحرارة، و يمكن التوصل الى تخفيض توصيل الرمل للحرارة باضافة الفحم الحجرى المسحوق اليه .

*** الانضغاط :**

و هو قدرة رمل القالب و الدليك على الانضغاط قليلا تحت ضغط المعدن الذى ينكمش نتيجة التبريد ، و فى حالة عدم انضغاط القالب او الدليك يمكن ان تحدث به شقوق و الرمل النهرى الكبير ذو قدرة جيدةعلى الانضغاط، و يقلل الطين من هذه الخاصية .

*** طول مدة الاستعمال :**

و هى قدرة الرمل على الاحتفاظ بخواصه عند استعماله مرات اخرى لصناعة القوالب، و تحدد خصائص الرمل و الخلائط باجراء اختبارات معملية لها فى مختبرات الرمل على اجهزة خاصة ، و لا يمكن استعمال الرمل المستخرج بحالته الطبيعية لصناعة القوالب و الدليك، اذ يجب فى الغالب ان يكون الخليط المسبكىو خليط الدليك من عدة مواد مختلفة : الرمل و الطين مع بعض الاضافات .

و تقسم خلائط المسبك :

1) حسب نوع المعدن الى – خلائط لسباكة الزهر او الصلب او المعادن غير الحديدية .

2) حسب حالة الرمل فى القالب الى – قوالب رطبة (نيئة) و جافة .

3) حسب استعمالها فى القالب الى – خليط ظهارة و خليط حشو و خليط عام .

و يمكن اجراء جميع انواع السباكة بالختم فى الرمل النيىء او الجاف حسب وزن المسبوكة و شكلها ، و يحتاج الختم فى الرمل النيىء فى جميع الاحوال الى خليط (يسمى بالرمل القليل العضوية) يحتوى على 8 – 10 ٪ طين و 4.5 – 5.5٪ رطوبة ، و يضاف الى خلائط سباكة الزهر غبار الفحم الحجرى لتجنب احتراق الرمل و التصاقه بالمسبوكات .

و يستعمل للقوالب الجافة ما يعرف برمل المسبك المدهن، و يحتوى على 20٪ طين كما يجب ان تكوت حبيبات الرمل به اكبر من تلك المستعملة للقوالب النيئة ، وتضاف الى الخليط المستعمل للقوالب الجافة لتحسين عجينته و انضغاطه اضافات عضوية هى الفحم النباتى و النشارة و غيرها .

و ينخل خليط الظهرة او ينثر على شكل طبقة سمكها 20 – 30 مم على النموذج لتكوين السطح الداخلى العامل للقالب الذى يتلامس مع المعدن السائل، و يملأ باقى القالب بخليط الحشو الارخص و الاقل جودة بدكه فى الريزق ، و يتكون خليط الحشو اساسا من الرمل (الراجع) اى- المحترق بعد اخراج المسبوكات – ويضاف اليه الماء و احيانا الرمال الطينية و الكوارتزية لجعله طازجا .

و يجب ان تكون خلائط الظهارة اكثر جودة من خلائط الحشو و لذلك يضاف عند تجهيزها 40 ٪ من الرمل الطازج، و يستعمل

للختم الميكانيكى عند الانتاج بالجملة ما يعرف بالرمل العام او الموحد و يملأ به الريزق كله، و يضاف عند تجهيز الخليط المسبكى العام الى الرمل المحترق (المستعمل قبل ذلك) 7 – 15٪ من المواد الطازجة – الرمال الطينية .

و يمكن ان يكون خليط الدليك نوعين حسب التركيب : رمليا طينيا، او خليطا يعتمد على مواد رابطة خاصة .

و تستعمل كمادة رابطة لخليط الدليك بالاضافة الى الطين زيت الكتان و بديلاته (الرماتول و محاليل الزيوت النباتية و الشحوم فى اللاكيه الكيروسينى و غيرها) و القلفونية و القار و البيتومين و القلوى الكبريتى و الاسمنت، و بعد تجفيف الدلاليك فى درجة الحرارة المناسبة تأخذ الدلاليك المتانة المطلوبة .

و لحماية المسبوكات من التصاق الرمل المحترق بها يغطى سطح تجويف القالب و سطح الدليك بطبقة رقيقة من مواد خاصة مضادة لالتصاق الرمل المحترق، فيغطى سطح القوالب النيئة لسباكة الاجزاء الزهر بطبقة رقيقة من الغبار – الفحم الخشبى المسحوق او الجرافيت شبه المسحوق و ذلك بهز كيس من قماش رقيق ممتلئ بالرماد فوق القالب، و يرش سطح القوالب النيئة لسباكة الصلب بمسحوق الكوراتز او المارشاليت .

و لما كان الغبار لا يلتصق بسطوح القوالب الجافة و الدلاليك فانها تغطى بطلاءات السباكة، و يدخل فى تركيب الطلاء المستعمل عند سباكة الزهر الجرافيت، و للمسبوكات المصنوعة من الصلب المارشاليت او المجنزيت المفتت، و لسباكة المعادن غير الحديدية – الطلق .

و ترش السطوح العاملة بالليكوبودى او بديلاته لمنع التصاق الرمل بالنموذج او بصندوق الدليك، و يرش سطح انفصال القالب برمل نهرى ناعم جاف يسمى برمل الفصل حتى يمكن فصل نصفى القالب دون تكسير سطح الانفصال .

2- تكنولوجيا تجهيز خلائط المسبك و الدليك و المواد المساعدة:

تتكون عملية تحضير المسبك و الدليك من العمليات التالية :

1) عملية التجهيز الاولى للمواد الرملية – الطينية الطازجة المستخرجة من المحاجر .

2) التجهيز الاولى للرمل المستعمل (المحترق) الذى يحصل عليه بعد اخراج المسبوكات .

3) تجهيز خليط من المواد المكونة المجهزة تجهيزا اوليا .

تحضير المواد الرملية – الطينية الطازجة :

تجفف الرمال الطازجة و تطحن و تنخل لفصل الجزيئات الكبيرة و الاشياء الغريبة التى تختلط بالرمل . و تستعمل فى المسابك الحديثة لتجفيف المواد الرملية – الطينية افران تجفيف ميكانيكية رأسية افقية ، و تطحن المواد المجففة بصورة اسهل و تسمح بضبط ترطيب الخلائط التالى ضبط صحيحا ، و يجرى نخل رمال المسبك بواسطة مناخل مختلفة .

تحضير الرمل المستعمل (او المحترق) :

المستخرج من الروازق و يتلخص فى العمليات الثلاثة الاتية :

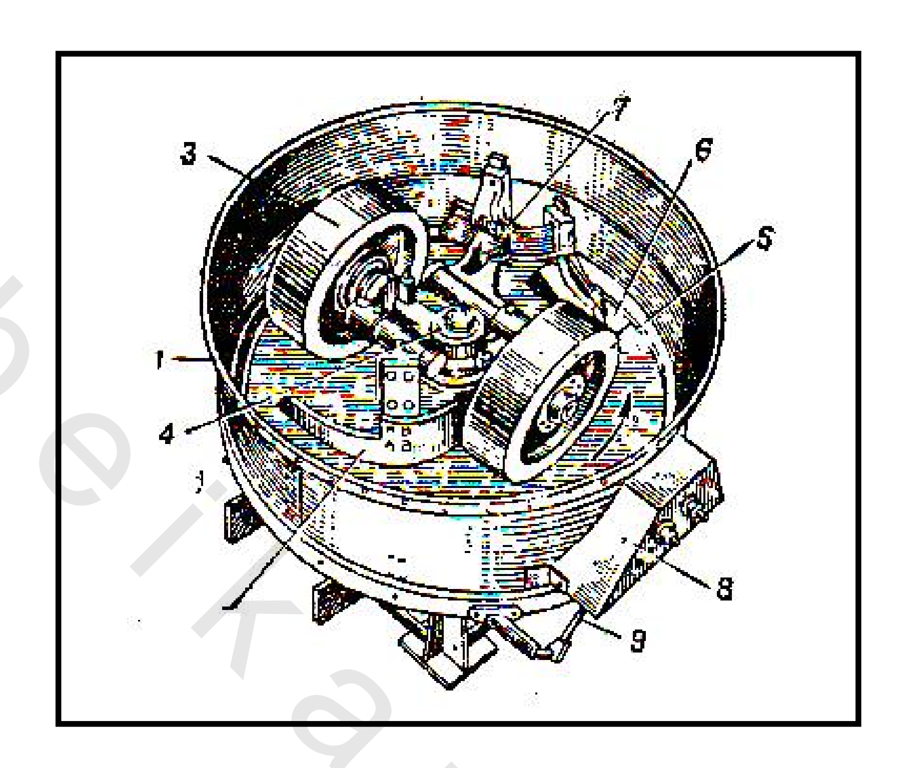
تكسير كتل الرمل المحترق بتمريره فى اسطوانات ناعمة، فصل الجزيئات المعدنية المغناطيسية باستعمال فاصلات مغناطيسية، النخل مناخل اسطوانية او اهتزازية .

تحضير خلائط المسبك و الدليك:

و يتلخص فى تحديد التركيب و خلط الاجزاء المكونة والمجهزة قبل ذلك و ترطيبها المناسب للحصول على خليط رخو متماثل، وكثيرا ما يجرى خلط رمال المسبك فى خلاط الرمل .

خلاط الرمل :

(شكل رقم 93) عبارة عن وعاء اسطوانى ثابت به رحوانيان اسطوانيان ناعمان 3 و 5 يدوران حول محور رأسى 4 و فى نفس الوقت يدوران حول محورهما الافقى نتيجة للاحتكاك بالرمل الذى يصب فى الوعاء، ويتوجه الرمل المصبوب فى الوعاء باستمرار تحت الرحى بواسطة النصابين الموجهين : فيوجهه النصاب 2 تحت الرحى 3 و النصاب 7 تحت الرحى 5 . و يلقى الرمل المجهز الى الخارج بواسطة النصابين خلال فتحتين 6 على طرفى قاع الوعاء، و تفتح الفتحتان و تغلقان بواسطة اسطوانات هوائية موضوعة فى الصندوق 8 بواسطة الشدادتين 9 .و يذهب الرمل من الخلاط الى صناديق خزن تسع ما يكفى ساعتين اوثلاث ساعات من العمل، و هناك تتوزع الرطوبة على الرمل كله توزيعا متساويا و منتظما .

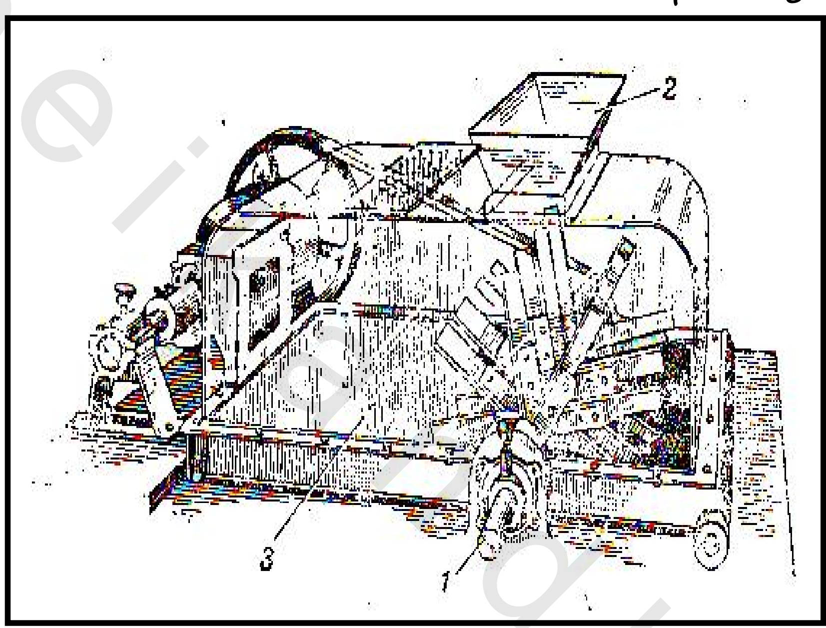


شكل رقم 93 ، خلاط الرمل

و بعد بقاء الرمل مدة ما يخلخل فى مخلخلات الرمل (شكل رقم 94) و يتكون مخلخل الرمل من عمود افقى 1 عليه انصبة مثبتة، و يصب الرمل فة قمع الماكينة 2 باستمرار فيقع على الانصبة التى تلقيه على الجنازير 3 المعلقة تعليقا حرا فى الغطاء، و تقوم الجنازير بخلخلة الرمل ثم يقع الرمل على الجهة الاخرى من الجنازير و يتجه الى فتحة الخروج، و مخلخلات الرمل ذات انتاجية عالية (10 – 80 متر3/ ساعة) و تستعمل عادة فى المسابك الاوتوماتيكية للانتاج بالجملة، و يخلخل الرمل عند تجهيز كميات محدودة من الرمل بتقليبه بالكوريك .

قسم تحضير الرمل :

بالمسابك الحديثة و هو عبارة عن مجموعة معقدة من التركيبات الميكانيكية التى تجهز خلائط المسبك و الدليك، و من الناقلات المستعملة لنقل مواد الخام و توصيل الخلائط الجاهزة الى اماكن استعمالها .



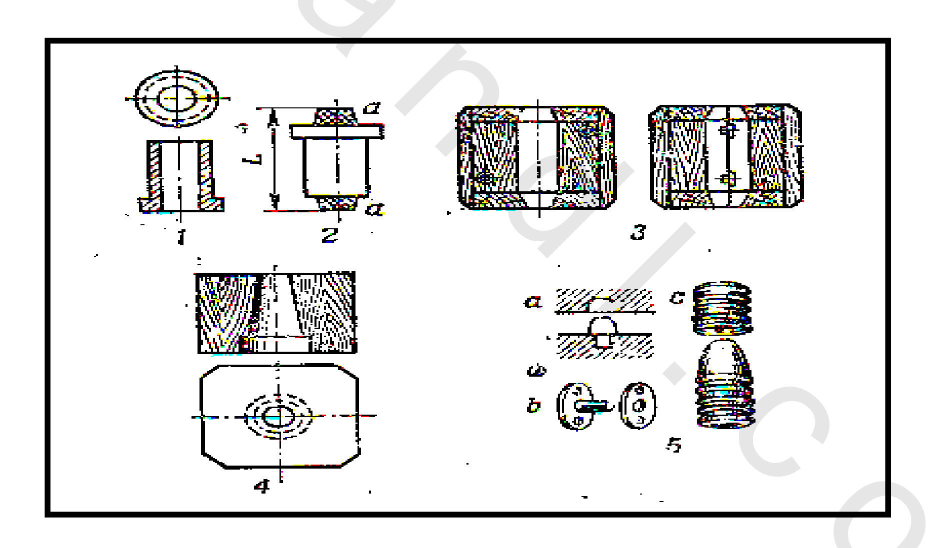
شكل رقم 94 ، مخلخل الرمل

3- مجموعة النموذج و صندوق الدليك :

لاعداد القالب اللزم لصب المعدن نحتاج الى نموذج يحاكى شكله الخارجى شكل المسبوكة المطلوبة، و تتكون التجاويف الداخلية للمسبوكة بوضع قلوب معينة (دلاليك) فى القالب (الفورمة)، و تجهز هذه الدلاليك فى صندوق الدليك من خليط مناسب، و يتوقف تركيب مجموعة النموذج و صندوق الدليك، التى تشمل النموذج و جميع

صناديق الدليك على شكل المسبوكة المطلوبة و كريقة تجهيز القالب، و تجهز مجموعة النموذج و صندوق الدليك حسب رسم المسبوكة، ويمكن ان تصنع النماذج و صناديق الدليك من قطعة واحدة او قطعتين او اكثر قابلة للانفصال (شكل 95)، و يصنع النموذج قابلا للانفصال حتى يمكن سحبه من القالب بسهولة، و بالمثل فكثيرا ما يصنع صندوق الدليك قابلا للانفصال حتى يكون من السهل تجهيز الدليك فيه و اخراجه منه دون تلف .

و بشكل (95) بينا مسبوكة جاهزة لجلبة 1 و النموذج 2 اللازم لها، ويختلف النموذج عن المسبوكة بكونه مصمتا (وليس مجوفا) كما ان به بروزات aa تسمى (بديل الدليك) تستعمل لتكوين طبعات فى القالب ليرتكز عليها الدليك عند وضعه بها .



شكل رقم 95 ، مجموعة ختم النماذج :

1- الجلبة المسبوكة . 2- نموذج الجلبة . 3- صندوق دليك قابل للفك لدليك الجلبة . 4 – صندوق دليك غير قابل للانفصال . 5 – دسر خشبية و معدنية لوصل نصفى النموذج و صندوق الدليك .

و بشكل (95) مبين صندوق دليك 3 من نصفين للجلبة المبينة . و بشكل (95) صندوق دليك 4 من قطعة الدليك مخروطى الشكل، و بشكل (95) دسر 5 خشبية و معدنية a,b,c لتوصيل اجزاء النموذج و صناديق الدليك .

و تصنع جدران النموذج الرأسية مسلوبة قليلا لتسهيل اخراج النموذج من القالب و تجعل السلبية فى النماذج الخشبية عادة فى الحدود من 1 – 3 ^{o} ،و تصنع النماذج المعدنية للختم بالماكينات بسلبية 0.5 – 1.0 ٪ .

و لما كان المعدن المصبوب فى القالب ينكمش عند التجمد و التبريد ، فان النموذج يجب ان يصنع بمقاسات اكبر قليلا من مقاسات المسبوكة ، و يكون مقدار الانكماش الطولى للسبائك الصناعية فى المتوسط : للزهر الرمادى 1 ٪، وللصلب 2٪، و لسبائك النحاس و الالومنيوم 1.0 – 1.5 ٪ و كثيرا ما تستعمل لسهولة القياس عند صناعة النماذج (مسطرة انكماش) و بها يؤخذ بعين الاعتبار الانكماش الطولى للسبائك الصناعية المعنية .

و يراعى عند صناعة النموذج اعطاء علاوة للتشغيل الميكانيكي، اى سمك طبقة المعدن التى تزال فى عملية التشغيل الميكانيكى للمسبوكة على الآت الورش .

و تعطى عند الختم بالماكينات علاوة تشغيل اقل مما تعطى عند الختم اليدوى نظرا لان السباكة فى هذه الحالة اكثر دقة ، و تحدد المواصفات القياسية او الشروط الفنية معدلات علاوات التشغيل المسبوكة .

و يستعمل الخشب لصناعة النماذج و صناديق الدليك فى الانتاج الفـردى و بالمجموعـات الصـغيرة، و المعـدن – عنـد الانتـاج بالجملـة، و يسـتعمل لتجهيـز النمـاذج الخشـبية خشـب الصـنوبر و الحـور و القيقـب و الـزان و الزيزفـون . و يجـب ان يكـون الخشـب المسـتعمل لصـناعة معـدات الختم على شكل الواح و مجففا جيدا و الا يحتوى على اكثر من 10٪ رطوبة .

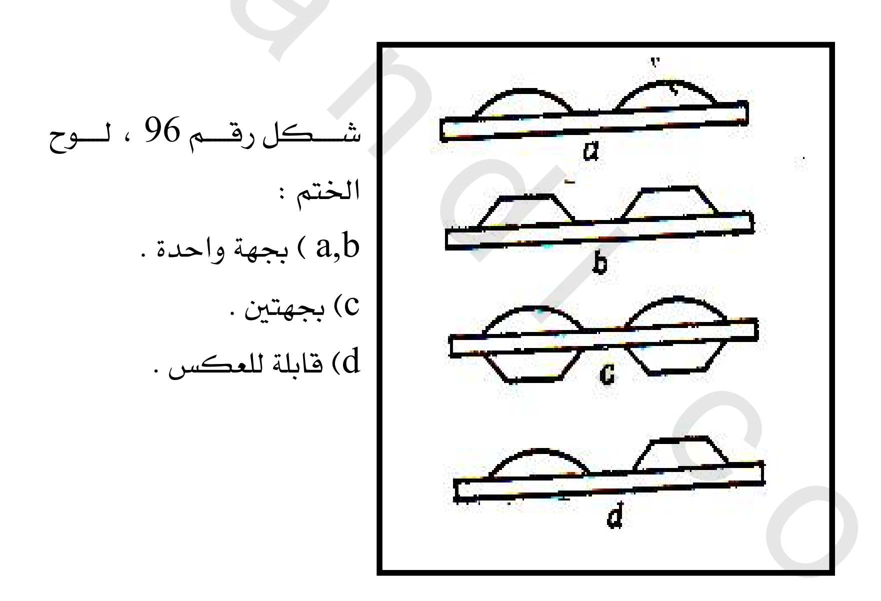
و لتجنـب الاعوجـاج تلصـق عـدة طبقـات مـن الخشـب بـالغراء ثـم تربط تحت الضغط فى منجلة حتى تجف لتكون الخامة التى تستعمل لصناعة النماذج و صناديق الدليك، و بعد ذلك تشغل هذه الخامات يدويا او بالماكينات، و تراجع جميع مقاييس النموذج او الصندوق حسب رسم المسـبوكة، و تسـوى الخشـونات و الحفـر بمعجـون يصـنع مـن مسـحوق الطباشير وزيت الزيتون او الغراء ،ثم يدهن النموذج بطلاء زيت و يطلى بلاكيه قلوى للحصول على سطح عامل ناعم و لمنع امتصاص الخشب للرطوبة من رمل السباكة و الدليك .

و تطلى نمـاذج المسـبوكات الزهـر عـادة بـاللون الاحمـر، ونمـاذج المسبوكات مـن سـبائك النحـاس بـاللون الاصـفر، و المسـتعملة لسـباكة الصلب باللون الازرق .

النماذج المعدنية :

تستعمل على نكاق واسع فى الانتاج المسبكى الحديث (كما تستعمل عند الختم بالماكينات دون غيرها) و تمتاز هذه النماذج على النماذج الخشبية بكونها كثر دقة و اطول عمرا و ذات سطح انعم .

و تركب النماذج المعدنية عادة على لوح معدنى، و تسمى اللوحة و اجزاء النموذج المركبة تركيبا متينا (بلوحة النموذج) و بشكل (96) بينا طرق وضع اجزاء النموذج على اللوحة، و يمكن ان تكون لوحات النماذج : بجهة واحدة (شكل 97 – a,b) عندما تثبت اجزاء النموذج العلوية فقط او السفلية فقط على ناحية واحدة من اللوحة، او بجهتين (شكل 96 – c)، عندما تثبت اجزاء النموذج بالتماثل بالنسبة لسطح الانفصال على ناحيتى اللوحة ، او عكسية (شكل رقم 96، d)، عندما يثبت نصفا النموذج على ناحية واحدة من اللوحة بحيث يمكن ان يكملا بعضهما عند ارداتهما 180 °، كما يثبت على لوحة النموذج نماذج مانعات الخبث و قنوات التغذية و قواعد المصبات مما يخلص السباك من عمل كبير متعب لتجهيز اجزاء نظام الصب .



شكل رقم 96 ، لوح الختم :

a,b) بجهة واحدة .

c) بجهتين .

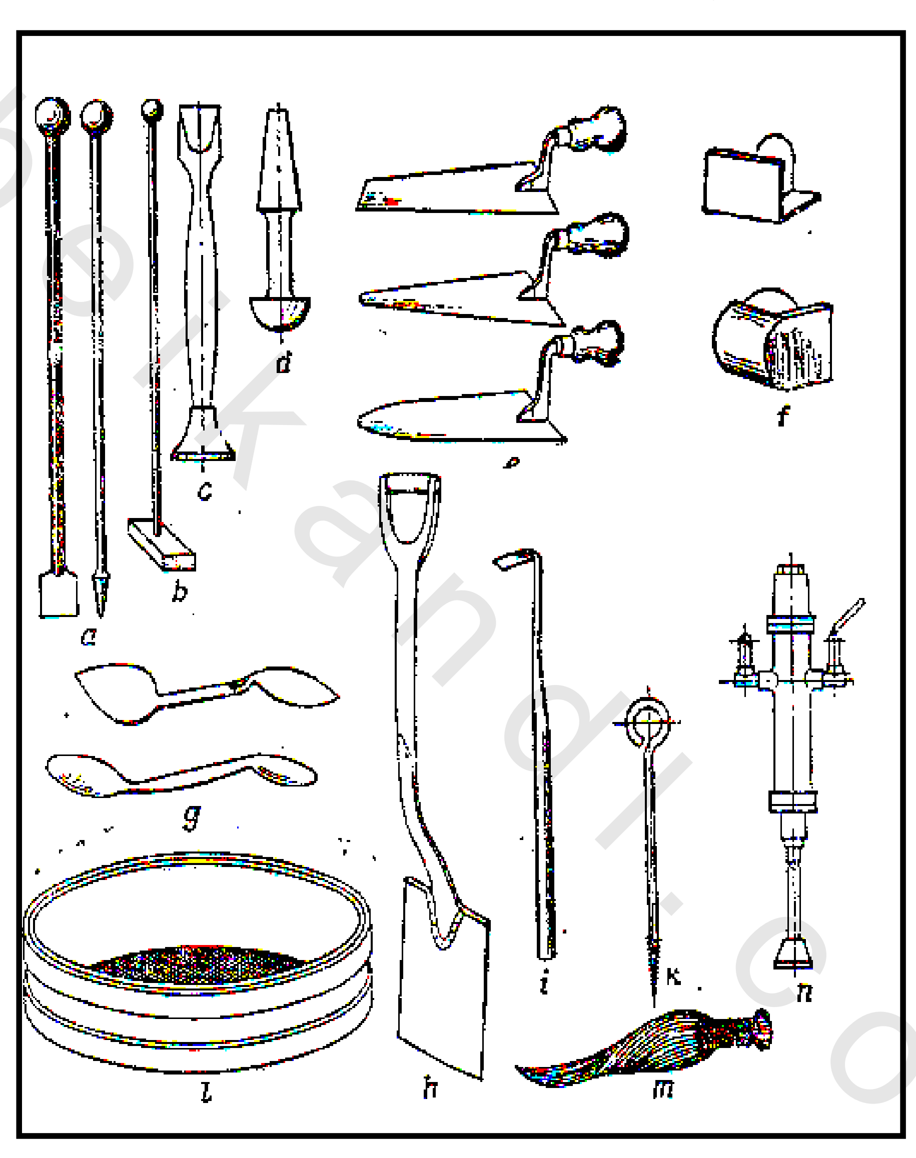
d) قابلة للعكس .

4- **ادوات و معدات الختم** :

يجب ان تكون عند السباك مجموعة من الادوات الخاصة للختم اليدوى (شكل 970)، فيستعمل الكوريك (شكل 97 – h) لنثر فى الريزق، و تستعمل لدك الرمل فى القوالب الرملية (شكل 97 – a-d) و يمكن ان تكون مدببة (سهمية الشكل) او مسطحة يدوية او بالهواء المضغوط (شكل 97 – n) و يدك بالرملية المدببة الرمل قرب حوائط الريزق و حول النموذج و فى الاماكن الضيقة من القالب، فى حين تدك بالرملية المسطحة الطبقة العلوية من الرمل بالقالب .

و تستعمل لعمل السطوح المستوية و لتشطيب القالب تراولات (شكل 97 – e) مختلفة الاشكال و المقاسات، و لتسوية القالب عند التجاويف تستعمل ركنيات (شكل 97 – f) بالشكل المناسب، وتستعمل لتشطيب القالب بالاماكن الصعبة المنال و لازالة الرمل الزائد و لشق قنوات نظام الصب ملاعق (اسباتوليات) وسكاكين خاصة (شكل 97 – g) و لاخراج الرمل الواقع فى تجاويف القالب تستعمل خطاطيف (شكل 97 – i) و تستعمل شوك ذات طرف مدبب او مقلوظ لاخراج النموذج من القالب و هى مبينة بشكل (97 – k)، و تستعمل المناخل اليدوية (شكل 97 – l) لنخل رمل الظهارة على النموذج و الفرشة من الياف الكتان او القنب (شكل 97 – m) تستعمل لترطيب اطراف تجويف القالب قبل اخراج النموذج لتجنب انهيار الرمل عند اخراج النموذج . و يجب ان تكون عند السباك شوك تنفيس مستقيمة و منحنية لعمل ثقوب لتسرب الغازات من القالب المدكوك، و مصباح بعاكس و كيس للعيار و فرشة لتنظيف سطوح النموذج و ميزان مائى و مسطرة، و يتحدد استعمال هذه او تلك من الادوات المذكورة بطريقة

الخـتم و نـوع الانتـاج و المسـتوى الفنـى بالمسـبك، و لا يحتـاج الامـر فـى المسـابك الميكانيكيـة و عنـد الخـتم بالماكينـات الى اسـتعمال معظـم الادوات المذكورة .

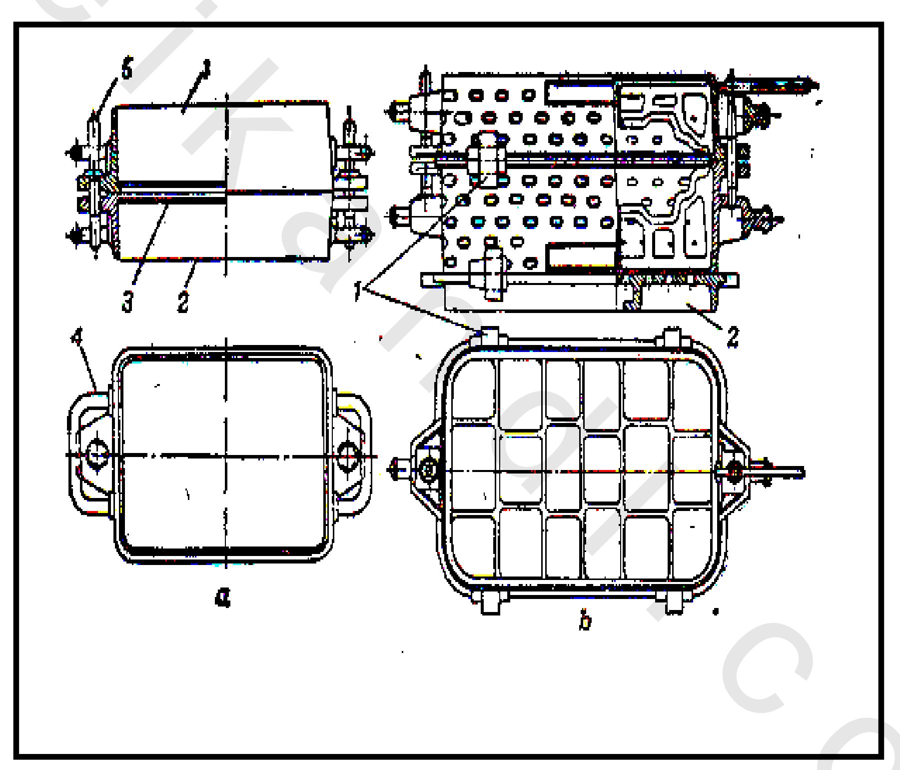


شكل رقم 97 ، أدوات الختم

الروازق :

تجهز القوالب من الرمل بدكه فى هياكل جسئة خاصة تسمى بـالروازق (شـكل 98)، و يمكـن ان تصـنع الـروازق مـن الزهـر، او الصلب او سبائك الالومنيوم .

و تصنع فى جدران الروازق الكبيرة المسبوكة ثقوب مستطيلة متبادلة كرقعة الشطرنج لتسهيل خروج الغازات من القالب و لتخفيف وزن الريزق .



شكل رقم 98 ، الروازق :

a) يدوية من الزهر . 1) الريزق العلوى . 2) الريزق السفلى . 3) حرف لمنع سقوط الرمل . 4)أيدى . 5) مسامير التوصيل (التمركز) .

b) مسبوكة من الصلب الختم بالماكينات .1)اذن التوصيل . 2) لوحة السند



الباب السابع عشر
صوغ القوالب بالرمل (ختم النماذج)



1- **انواع الختم** :

ينقسم صوغ القوالب (ختم النماذج) حسب حالة القالب الرملى الذى يصب فيه المعدن الى نوعين : الختم النىء و الختم الجاف .

كما ينقسم حسب طريقة تجهيز القوالب الرملية الى ختم يدوى و ختم بالماكينات . وتجهيز معظم قوالب السباكة من رمل مسبكى قليل العضوية (يحتوى علىالرطوبة بنسبة 4.5 – 5.5 ٪، و على نسبة 8 – 10٪ من الطين)، ويصب المعدن السائل فى قوالب نيئة اى غير جافة، و تسمى هذه التكنولوجيا بالختم النئ و الصب (على النئ) .

و تجهز القوالب الكبيرة لسباكة الزهر و الصلب و كذلك للسباكة المعقدة للمعادن غير الحديدية من رمل مسبكى طينى او من الطين و تجفف، و تسمى هذه التكنولوجيا بالختم الجاف و الصب (الجاف) .

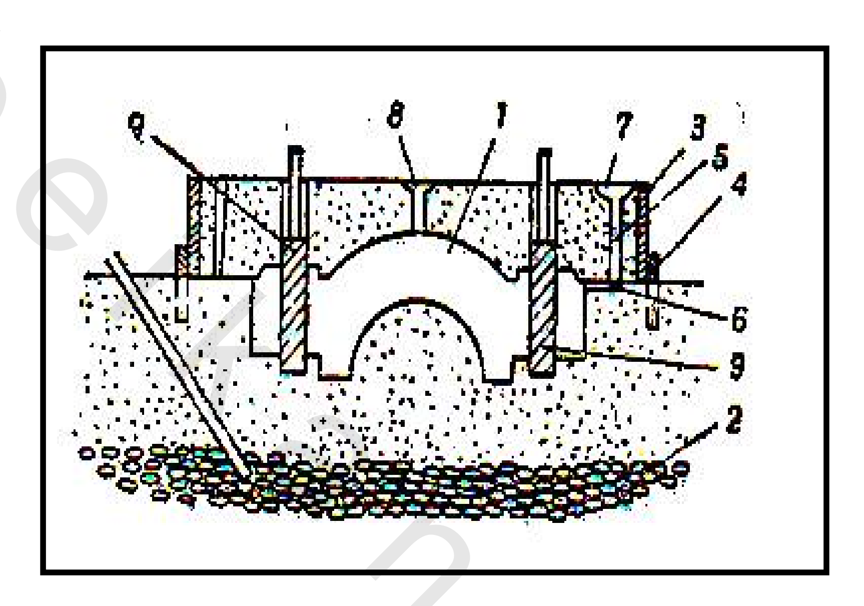
2- **الختم اليدوى** :

الختم فى الارض :

و هو احد انواع الختم اليدوى، و فى هذه الطريقة يجهز القالب فى سطح الارض مباشرة، و يسمى فى هذه الحالة بالفرش ،و ذلك فى قسم الختم بالمسبك .

و بشكل (99) بينا ختم غطاء كرسى محور فى الارض، ويختم النموذج 1 فى الفرش فوق الطبقة من فحم الكوك 2، وينثر رمل الفصل على سطح الرمل المدكوك حول النموذج، ثم يوضع فوق النموذج ريزق 3 و تدق عند اركانه اربعة اوتاد 4 حتى يمكن، بعد رفع الريزق عند انتهاء الختم ان يوضع فى مكانه بالضبط عند تجميع القالب،

ويصنع فى الريزق نظام الصب (المصب 5 وقدح الصب 7 و قناة التغذية المتصلة به 6 و المصعد 8) و بعد تغيير النموذج ترش عليه خلال المنخل طبقة الرمل من الظهارة تضغط باليد للحصول على طبقة دقيقة للنموذج فى الرمل .



شكل رقم 99 ، الختم فى الارض

و يملآ باقى القالب برمل الحشو مع دكه بالرملية حتى الكثافة اللازمة . و يزال الرمل الزائد عن وجه الريزق بمستوى جوانبه، و تثقب فى القوالب ثقوب بواسطة شوكة النفس لتحسين تهوية القالب (تنفيس الغازات)، و بعد حفر اقداح للمصب و للمصعد 8 يسحب نموذجا المصب و المصعد الى اعلى، ثم يرفع الريزق عن القالب و يقلب لتشطيبه – لاصلاح الانهيارات، و يغير بمسحوق ناعم من الفحم الخشبى، و تشق فى النصف الاسفل من القالب قناة (التغذية 6) من المصب الى النموذج، ثم تبلل اطراف الرمل الملامسة للنموذج و ينزع

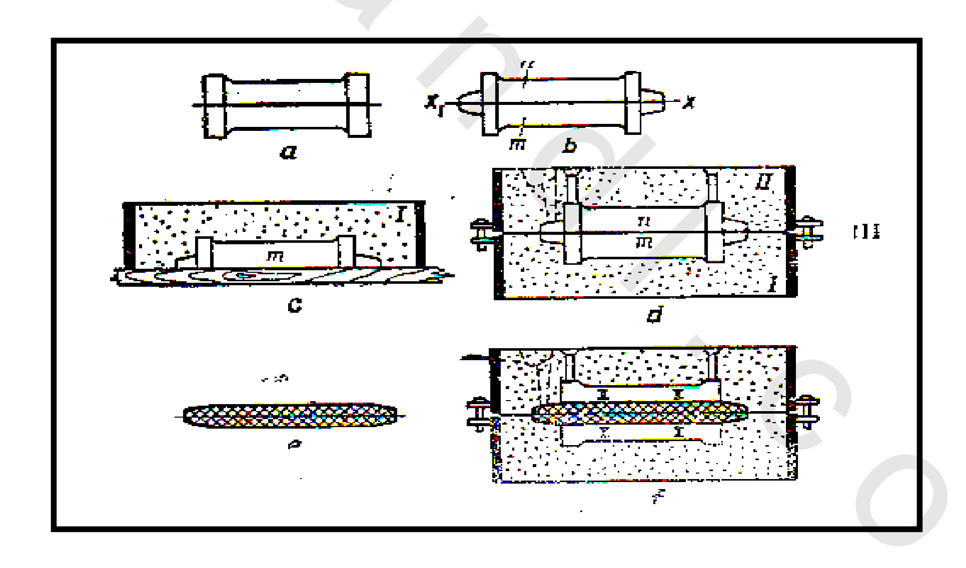
النموذج من القالب، و تصلح الكسور الناتجة عند اخراج النموذج، و بعد تغطية القالب بالغبار يوضع فيه الدليكين 9 يغطى بالريزق .

الختم فى الريزق :

و هو اكثر انواع الختم انتشارا و يمكن استعماله فى جميع حالات تجهيز القالب تقريبا ، و اكثر الطرق شيوعا فى المصانع هى طريقة الختم فى ريزقين .

الختم فى ريزقين بنموذج من نصفين ودليك:

مثال ختم اسطوانة بفلانشتين (شكل 100 ، a) و بشكل (100 ، b) نموذج المسبوكة و هو نصفين m و n و موطئين (دليلين) للدليك x,x1 .



شكل رقم 100 ، ختم ماسورة بشفتين ريزقتين :

a) المسبوكة b) النموذج . c)الريزق السفلى مدكوكا . d) ختم الريزق العلوى . e) الدليك . f) القالب مجمعا .

1) يوضع النصف الاسفل من النموذج على لوحة الختم بمستوى الانفصال و يغطى الريزق السفلى I يجرى الختم بالترتيب التالى : يغطى النموذج بالحمرة ثم يغطى (ينخل عليه) برمل الظهارة، يضغط عليه ثم يدك رمل الحشو، ثم تثقب ثقوب النفس بواسطة شوكة النفس (شكل 100 ، c) ثم يرفع الريزق من على اللوحة و يدار 180^o ثم يرش سطح القالب برمل الفصل .

2) بعد ذلك يوضع النصف الاعلى من النموذج n بحيث تستقر دسره فى ثقوب النصف الاسفل من النموذج m، و يوضع الريزق العلوى II على الريزق السفلى I و يربط المسامير III، ثم يوضع نموذج مانع الخبث و المصب على سطح الرمل فى الريزق السفلى و المصاعد على اعلى نقط بالنصف العلوى من النموذج و يجرى دك الريزق بالترتيب المذكور اعلاه ثم تحفر اقداح للمصب و المصاعد، ثم تسحب الى اعلى نماذج الصب و المصاعد (شكل 100 ، d) .

3) يرفع الريزق العلوى II من على السفلى I و يدار 180^o و يوضع على الارض بجوار الريزق السفلى، ثم تشق بالريزق السفلى قناة التغذية من أثر مانع الخبث الى النموذج، ويخرج نصفا النموذج من الريزقين المدكوكين و كذلك يخرج نموذج مانع الخبث من الريزق العلوى ثم تصلح العيوب و تقوى الاماكن البارزة من القالب بالمساميرو يرش سطح القالب بمسحوق الفحم و ينعم .

4) و اخيرا يجمع القالب استعدادا للصب فيوضع فى الريزق السفلى الدليك على موطئيه (شكل 100 ، e) و يثبت فى مكانه بالمساند ثم يغلق الريزق السفلى بالريزق العلوى (شكل 100 ، f) و يصبح القالب جاهزا للصب، و المساندة لازمة فقط فى حالة وجود خطر ان

انحناء الدليك اثناء الصب، و عند انتفاء هذا الخطر من المستحسن عدم وضع مساند .

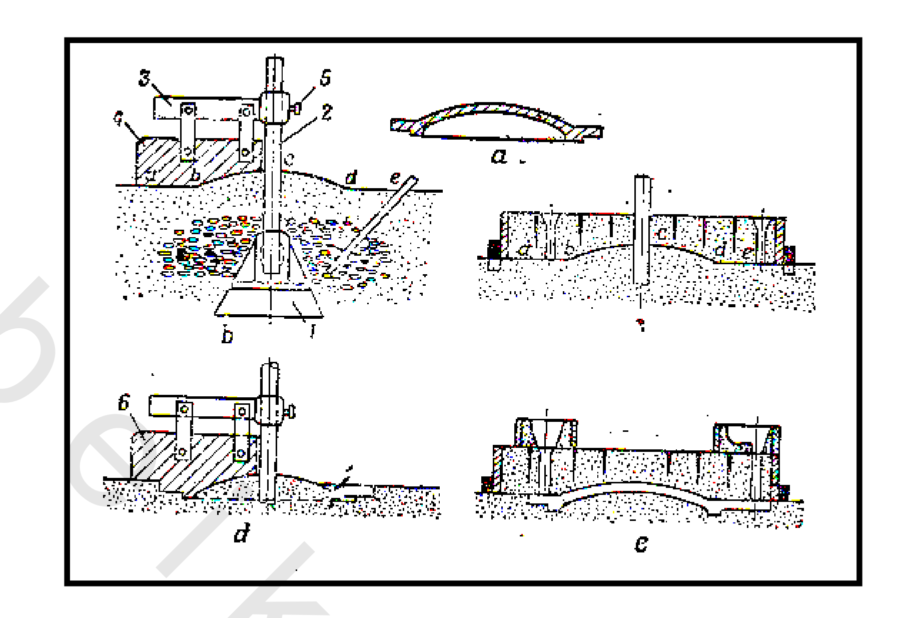
الختم بنموذج من قطعة واحدة :

اذا كان بالنموذج غير القابل للانفصال (قطعة واحدة) سطح مستو و سلبية تمتد فى اتجاه البعد عن هذا المستوى، فان من السهل ختمه فى ريزقين، اما اذا لم يكن بالنموذج مثل هذا السطح المستوى الذى يمكن وضعه عليه على اللوحة، فانه لا يمكن ختمه بالطريقة المعتادة و يضطر الى ختمه بطريقة شق سطح منخفض للانفصال او بطريقة الريزق غير الفعلى .

3- **الختم بالفورمة** :

من المفضل عند انتاج المسبوكات المنفردة بشكل الاجسام الدورانية استعمال الختم بالفورمة .

و بشكل (101) يبين رسم تخطيطى للختم بالفورمة حيث يتكون من غطاء a و تثبت قاعدة 1 التى يوضع فيها المحور الرأسى 2 فى التربة، و تصنع حول المحور فرشة صلبة بها ماسورة لتنفيس الغازات، ثم تنثر طبقة من رمل المسبك عليها و تدك و يركب على المحور الذراع 3 و الفورمة 4 المثبتة عليه لتكوين السطح العلوى للمسبوكة abcde عند الدوران و ذلك بكشط الرمل، و يحدد الارتفاع اللازم للفورمة عند العمل بواسطة حلقة الزنق 5 .



شكل رقم 101 ، ختم غطاء بالفورمة :

a)الغطاء . b) السطح العلوى للقالب يكون بواسطة الفورمة الاولى 4. c) الريزق عند صوغه . d) السطح السفلى للقالب و يكون بالفورمة الثانية 6 . e) القالب مجمعا .

و بعد تكوين السطح العلوى حسب المقطع abcde ينزع الذراع مع الفورمة الاولى 4 و يرش السطح برمل الفصل (و احيانا يغطى السطح بورق رقيق) ثم يوضع الريزق و يثبت مكانه بالاوتاد . و بعد وضع نماذج المصب و قناة التغذية و المصعد ، يدك الريزق بالطريقة المعتادة (شكل 101 ، c)، و بعد ذلك يرفع الريزق بعد ان تسحب اولا نماذج المصب و قناة التغذية و المصعد ، ثم تكشط طبقة من الرمل تساوى سمك جسم الغطاء باستعمال الفورمة الثانية 6 فيتكون السطح الاسفل من القالب (شكل 101 ، d)، و اخيرا ترفع الفورمة و المحور و يسد الثقب الذى كونه المحور ثم تشق قنوات التغذية و يوضع الريزق فى مكانه (بواسطة

الاوتـاد) و توضـع اقـداح فـوق المصـب و المصـعد فيصـبح القالـب جـاهزا للصب (شكل 101، e) .

4- الختم بالماكينات :

الختم بالماكينات هو اهم طريقة للختم فى المسابك الحديثة للانتاج بالجملة او المجموعات، **و يمتاز الختم بالماكينات بما يلى :**

1) امكانية دك القالب و اخراج النموذج دون افساد القالب .

2) تحسين ظروف عمل السباك الذى يتحرر من عدد من العمليات المساعدة – كوضع النموذج على اللوحة و شق قنوات التغذية واصلاح القالب و ما أشبه .

3) الحصول على قوالب كثافتها اكثر تماثلا و مقاومتها اعلى .

4) الحصول على مسبوكات باقل علاوة تشغيل ممكنة .

5) تقليل العطب .

6) امكان اتقان العمال بسرعة للعمل بالماكينات و تعودهم عليه، فى حين ان اتقان الختم اليدوى يتطلب خبرة عملية طويلة .

و يجرى الختم بالماكينات باستعمال لوحات النماذج فقط و فى ريزقين .

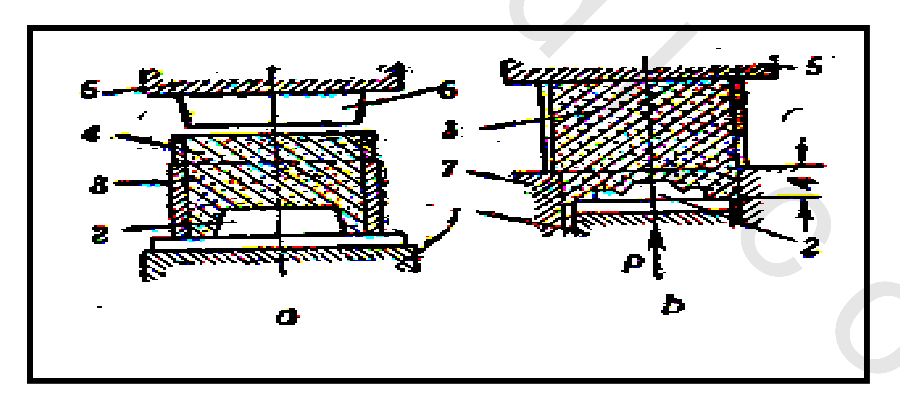
انواع ماكينات الختم و طريقة عملها :

تنقسم ماكينات الختم حسب طريقة دك الرمل فى الريزق الى ثلاثة انواع : ماكينات الختم بالكبس، و ماكينات الختم بالهز، وقاذفات الرمل .

1) ماكينات الختم بالكبس :

و تتلخص طريقة عمل هذه الماكينات فى دك الرمل فى الريزق بكبسه بدلا من الدك، و يمكن اجراء الدك بالكبس من اعلى او من اسفل، و تنقسم ماكينات الختم بالكبس تبعا لذلك الى ماكينات كبس علوية و سفلية .

* طريقة الكبس العلوى : و هى مبينة بشكل (102 ، a) فعلى منضدة الماكينة 1 تثبت لوحة النموذج 2 و يوضع الريزق 3 على اللوحة بواسطة الدسر و يوضع فوقه اطار الملء 4 . و يملأ الريزق و الاطار العارضة 5 و القبقاب المثبت بها 6 و مقاييسه اقل قليلا من مقاييس اطار الملء 4، بعد ذلك ترتفع منضدة الماكينة بالريزق و الاطار الى اعلى، و لما كانت العارضة ثابتة فان القبقاب 6 يدخل فى اطار 4 عند ارتفاع الماكينة فيخرج منه الرمل و يضغطه فى الريزق و يجب ان يصل السطح السفلى للقبقاب فى هذه الحالة الى الطرف العلوى للريزق وان يحدث به التكثيف المطلوب للرمل .



شكل رقم 102 ، رسم تخطيطى لماكينة الختم ذات الكبس العلوى a و الكبس السفلى b :1 - منضدة الماكينة. 2- النموذج على اللوحة . 3- الريزق . 4- اطار الملء . 5-عارضة . 6- قبقاب . 7- الاطار السفلى

و بشكل (b ، 102) بينا طريقة الكبس السفلى، و بها تتحرك المنضدة 1 داخل الاطار الثابت المحيط بها 7 مثل المكبس داخل الاسطوانة، و تكون لوحة النموذج بالنموذج 2 حتى بدء الكبس اسفل الطرف العلوى للاطار 7 الذى يوضع عليه الريزق 3 بحيث تتكون عند ملء الريزق حتى حافته برمل المسبك من صندوق الرمل طبقة من الرمل 4 فى الاطار تحت الريزق، كافية لتكثيف الرمل داخل الريزق فى حين يعمل الاطار 7 كاطار ملء .

و بعد تحريك العارضة 5 (دون قبقاب) حتى تضغط على الريزق ترفع المنضدة الى اعلى فتكبس الرمل من الاطار 7 داخل الريزق من اسفل – اى من ناحية النموذج . و يجب ان يكون مشوار المنضدة مساويا بالضبط لارتفاع الطبقة بحيث ينطبق السطح العلوى للوحة النموذج عند انتهاء الكبس على سطح انفصال الريزق تماما .

و يعطى الكبس السفلى نتائج افضل من الكبس العلوى من ناحية كثافة الرمل حول النموذج نظرا لان الكبس يجرى بواسطة النموذج ذاته فى حين ان تأثير الكبس يصل الى سطح النموذج بدرجة اضعف فى حالة الكبس العلوى و تستعمل ماكينات الكبس لدك الروازق غير العالية .

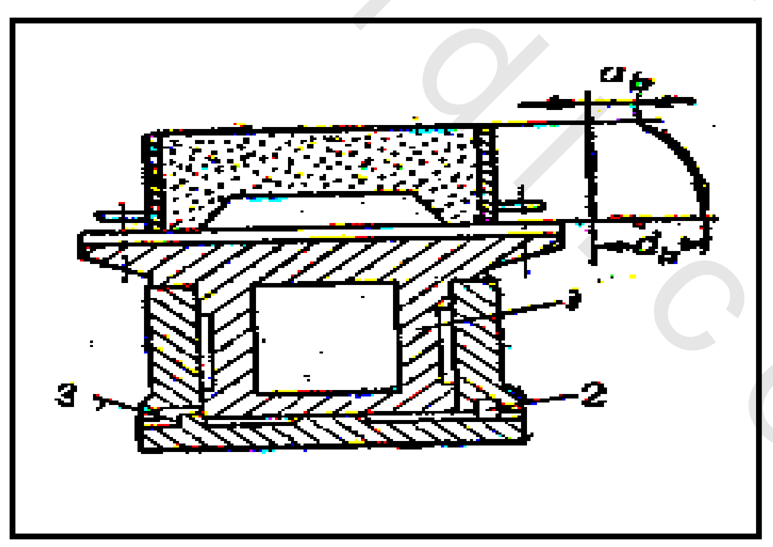
2) ماكينات الختم بالهز :

و تستعمل لدك الرمل فى الروازق العالية و بشكل (103) بينا طريقة دك الرمل بالهز تثبت على منضدة ماكينة الهز لوحة النموذج و تغطى بالريزق، الذى يملأ من صندوق الرمل، ثم ترفع منضدة ماكينة الهز ومعها الريزق المملوء بالرمل الى ارتفاع بسيط تحت تأثير الهواء المضغوط (حتى 6 ض. جـ) ثم تترك لتقع مصطدمة بمسند صلب، و

عند اصطدام المنضدة يمتص الرمل طاقة الحركة و يتكثف فى الريزق و يتم الحصول على درجة التكثيف المطلوبة للرمل فى الريزق بعدد من الصدمات .

و تتراوح مسافة رفع منضدة الهز فى الماكينات الحديثة بين 30 – 100 مم، و يتراوح عدد صدمات المنضدة بين 10 – 300 صدمة فى الدقيقة . و يحصل نتيجة للهز على تكثيف غير متساو للرمل فى الريزق، و تحصل طبقة الرمل الموجودة حول النموذج على اكبر تكثيف لان قوة القصور الذاتى لكل كتلة الرمل الموجودة فوق هذه الطبقة تؤثر عليها عند الصدمات .

و كلما ابتعدنا عن النموذج كلما نقصت درجة تكثيف الرمل بحيث تظل الطبقة العليا من الرمل غير مدكوكة، و يبين الرسم البيانى (شكل 103 على اليمين من اعلى) توزيع التكثيف d بطول ارتفاع الريزق عند الهز، ومن هذا البيانى نرى ان $db < dh$.



شكل رقم 103 ، رسم تخطيطى لتركيب و عمل ماكينة الختم بالهز :

1- منضدة الماكينة . 2- مدخل الهواء المضغوط . 3- مخرج الهواء .

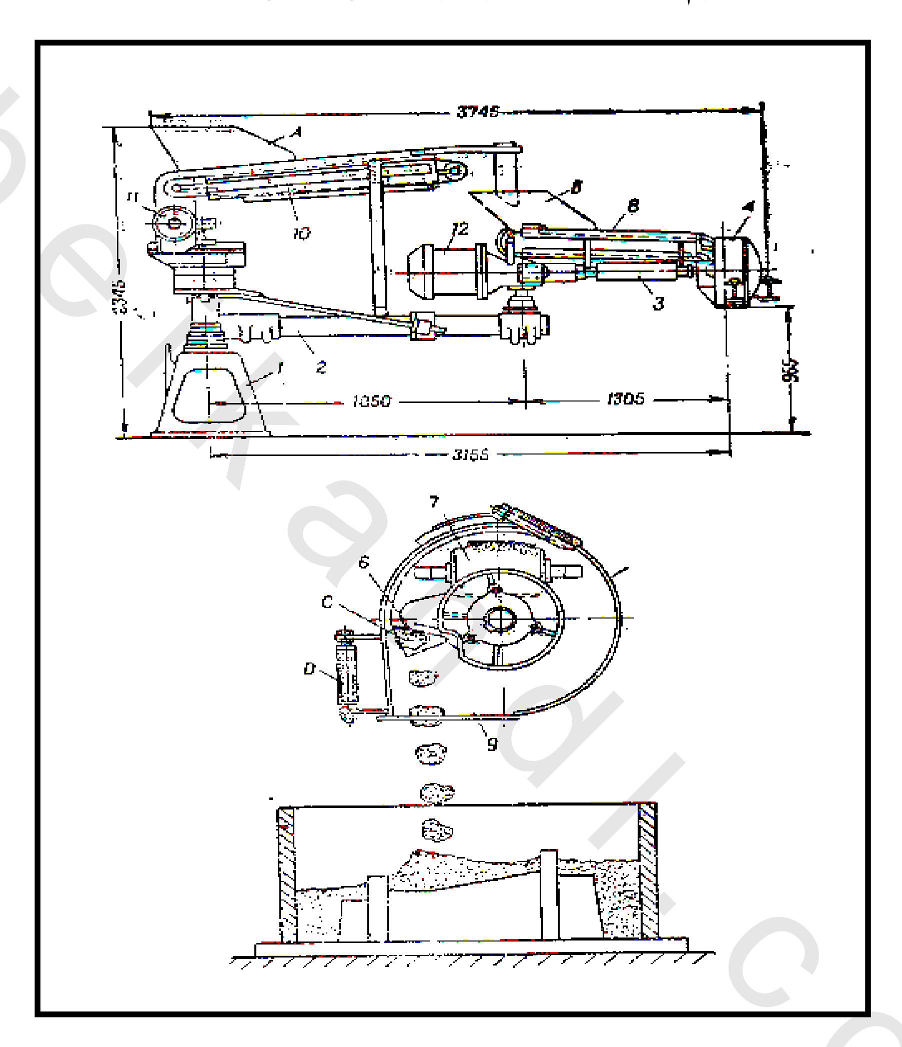
و فى العادة يستعمل الكبس لدك الطبقات العيا من الرمل فى الروازق الصغيرة و المتوسطة – و الدك اليدوى بالقرص و الرملية اليدوية او الهوائية للروازق الكبيرة، كما يستعمل الهز مع وضع ثقل على شكل زهرة على الرمل من اعلى .

3- **قاذفات الرمل** :

تستعمل فى المسابك التى تنتج مسبوكات كبيرة على نطاق اسع ماكينات الختم القذفة للرمل، و تستعمل لملء الروازق بالرمل و تكثيفه بها . و بشكل (104) قاذفة رمل ثابتة (الطراز 293 للمكتب المركزى لتصميم معدات المسابك) وتثبت الماكينة على كرسى زهر 1 يمكن ان يدور حوله فى المستوى الافقى ذراع كبير 2، و يمكن ان يدور حول طرف الذراع الكبير ذراع صغير 3 فى المستوى الافقى كذلك و على طرف هذا الذراع الرأس القاذفة 4 .

و الرأس القاذفة للماكينة (طريقة عمل هذه الرأس مبينة تخطيطيا بشك 104 الرسم السفلى) – عبارة عن غطاء 5 بداخله مجرفة 6 بقادوس تدور بسرعة (1400 – 1600 لفة/ دقيقة) حول محور افقى، و ينتقل الرمل دون انقطاع بواسطة ناقل شريطى 8 خلال فتحة 7 فى طرف الغطاء، فيحمله القادوس و يلقى به خلال فتحة الخروج 9 على شكل كتل منفصلة c بسرعة كبيرة الى اسفل فى الريزق . و عند سقوط الرمل يتكثف و لتخديم كل مساحة الريزق تثبت رأس القاذفة بحيث يمكن ان يحركها السباك يدويا (بواسطة مقبض D) فى مستوى افقى فوق الريزق . و ينقل الشريط 10 الرمل من القمع A الى الناقل الشريطى 8 خلال القمع B و يحرك المحرك الكهربائى بشفة 12 الرأس القاذفة و الناقل الشريطى للذراع الصغير .

و تختلف قاذفات الرمل النقالى عن الثابتة بكونها مركبة على عربة بمحرك، تتحرك بواسطتها على قضبان بطول الورشة فى وسطها، و يمكن ان تقوم بدك الروازق الموضوعة على جانبى القضبان .



شكل رقم 104 ، قاذفة الرمل الثابتة 293 :

1- كرسى. 2- الذراع الكبير. 3- الذراع الصغير. 4- الرأس القاذفة . 5- غطاء الرأس . 6- مجرفة. 7- فتحة بالغطاء. 8- الناقل الصغير. 9- فتحة الخروج بالرأس. 10- الناقل الشريطى للذراع الكبير. 11- المحرك الكهربائى الناقل . 12- محرك كهربائى بشفة.

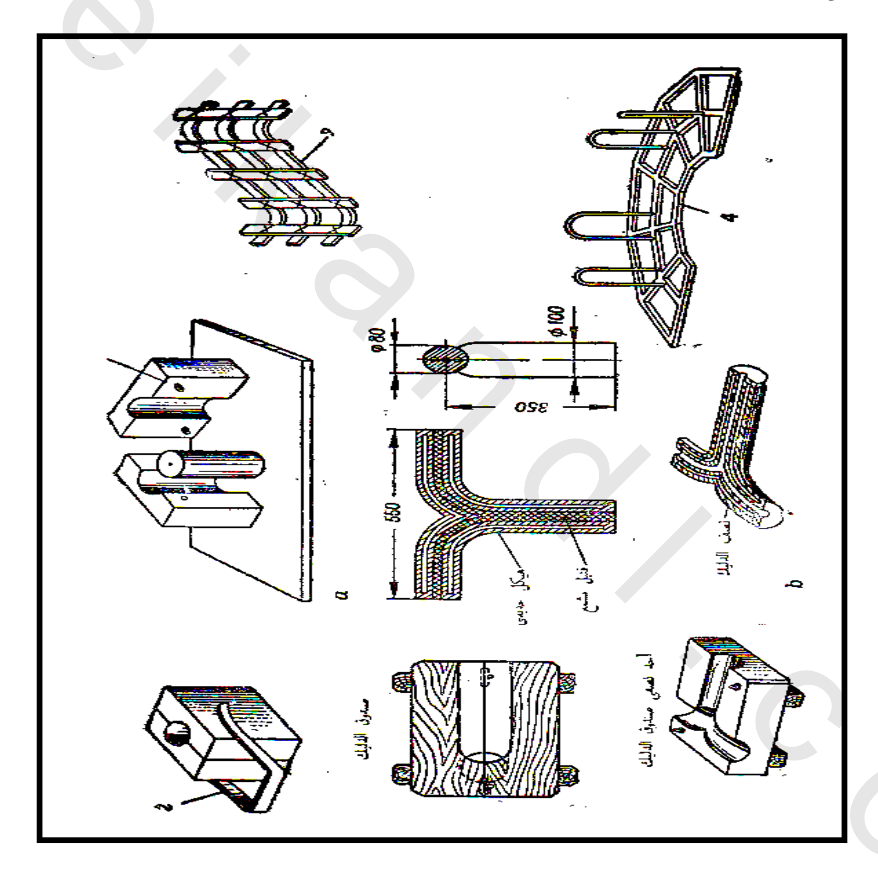
5- **صناعة الداليك** :

تستعمل الدلاليك لتكوين الفراغات اللازمة بالمسبوكات . و عند صب المعدن فى القالب يحاط الدليك من جميع الجهات بالمعدن المصهور (باستثناء دليلى الدليك) و يتعرض الدليك لانفعال الانثناء تحت تأثير وزنه الذاتى و الاكثر من ذلك تحت تأثير ضغط المعدن المصهور عليه، من هذا نستنتج ان مادة الدليك (خليط الدليك) يجب ان يكون اكثر متانة و انفاذية للغازات من مادة القالب . و تجهيز الدلاليك اما يدويا او بالماكينات :

تجهيز الدلاليك يدويا فى صناديق الدلاليك:

تستعمل لتجهيز الدلاليك المستطيلة، ذات المقطع الدائرى او البيضاوى او المستطيل صناديق (شكل 105 ، a) تتكون من نصفين وتوصل بواسطة الدسر و تربط معا بواسطة قامطة 2 .و يضع الصندوق المجمع على لوحة او على لوح خشب و يدك فيه من أعلى رمل الدليك، ثم تنزع القامطة و يبعد نصفا الصندوق عن الدليك بدقهما برفق بمطرقة . وعند تجهيز الدلاليك ذات الشكل الاكثر تعقيدا (شكل 105 ، b) يدك الرمل على حدة فى كل من نصفى الصندوق و بعد تجفيف نصفى الدليك يلصق هذان النصفان بواسطة طين صلصالى فى حالة تقرب من الحالة السائلة او بمحلول الدكسترين و الدقيق فى الماء الساخن و المعد حتى ثخانة النشا (نشا اللصق) .و لتحسين التهوية فى القالب تثقب الدلاليك المستطيلة الشكل بابر او بوضع قضبان حديدية عند دك صناديق الدليك و عند ازالة هذه القضبان تتبقى فى الدليك قنوات تهوية و لصنع مثل هذه القنوات فى الدلاليك ذات الشكل المنحنى حيث لا يمكن ثقب قنوات نافذة، توضع فتائل من الشمع او من مواد اخرى

تنصهر عند تجفيف الدلاليك مكونة قنوات للتهوية فى الدلاليك، و عند اعداد و تجهيز الدلاليك المكونة من نصفين ملصوقين يحسن حفر قنوات التهوية فى مستوى الانفصال فى احد او كلا النصفين . و لرفع متانة الدلاليك البسيطة او المعقدة الشكل تزود هذه الدلاليك بهيكل معدنى . و أساس هذا الهيكل المعدنى عبارة عن اطار منالزهر المسبوك بداخله قضبان معدنية 4 او اطار ملحوم من خوص حديدى 3 (شكل105 ، c) .



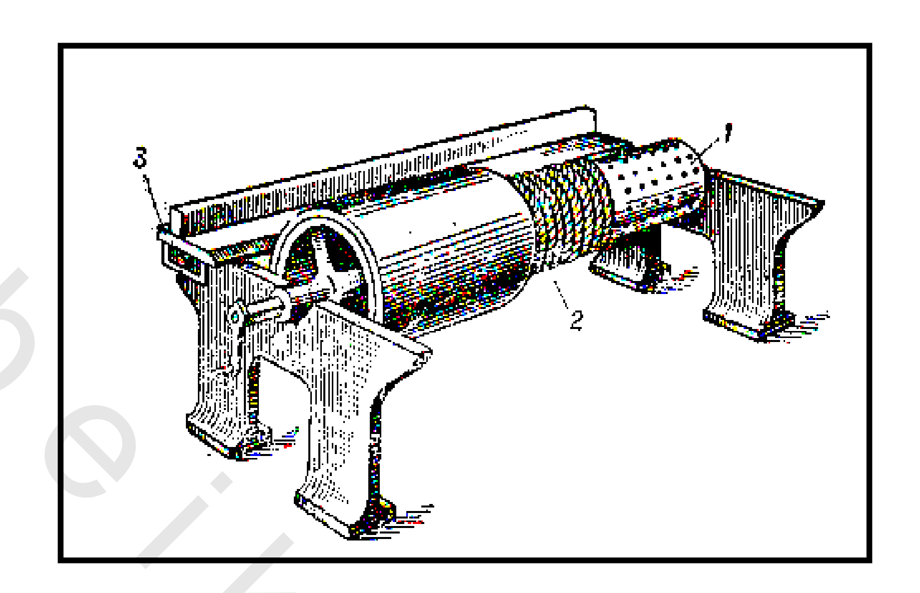
شكل رقم 105 ، تجهيز الدلاليك :

a) دليك اسطوانى .b) دليك معقد الشكل بهيكل . c) هياكل للدلاليك . 1- صندوق الدليك موصلا بدسر . 2- صندوق الدليك مربوطا بضاغط. 3- هيكل مسبوك من الزهر . 4- هيكل ملحوم من خوص الحديد .

صناعة الدلاليك باستعمال فورمة :

تستعمل لصناعة الدلاليك الكبيرة بشكل اجسام دورانية ماكينة عبارة عن قاعدتين من الزهر (شكل 106)، فتركب على المحور المعدنى المستدير ماسورة 1 بها عدد من الثقوب، ثم يوضع المحور بطرفيه فى تجويفى القاعدتين و يدار بواسطة اليد . و لتحسين انفاذية الدليك للغازات و تداعيه يلف حبل مجدول 2 حول الماسورة 1 ثم يبلل الحبل بالماء و يحاط بطقبة من طين التشكيل، بعد ذلك تثبت بطول الدليك فورمة خشبية 3 تقوم بوظيفة القاطع . ثم تدار الماسورة عن طريق اليد فتقطع الفورمة الطين الزائد و يأخذ الدليك الشكل المطلوب .

و تستعمل فى الورش الحديثة لسباكة المعادن لتجهيز الدلاليك استعمالا واسعا الماكينات الكابسة و ماكينات الرج (الهز) وماكينات قذف الرمل (قاذفات الرمل) التى تشبه لحد كبير ماكينات الختم . و يتسع فى صناعة الجملة و الانتاج فى مجموعات، استخدام ماكينات نافخة للرمل لصناعة الدليك و تقوم هذه الماكينات بملء صناديق الدليك بالرمل (نفخ الرمل) .



شكل رقم 106 ، تجهيز الدليك بخرطه على المخرطة باستعمال فورمة :
1- ماسورة . 2- حبل من القش . 3- الفورمة .

6- تجفيف القوالب و الدلاليك :

تصنع قوالب السباكة اللازمة لصب المسبوكات السمكية الجدران و الثقيلة و المعقدة الشكل و الكثيفة من رمل ختم دهنى او من الطين، و لرفع متانة القوالب و انفاذية الغازات بها و لتقليل تكون البخار بها عند صب المعدن تجفف هذه القوالب، و ان كانت عملية التجفيف تعقد عملية الانتاج و ترفع من تكاليف المسبوكات .

عند صب المعدن تحاط الدلاليك فى القالب بالمعدن السائل الموجود فى درجات حرارة عالية لذا يجب ان تكون الدلاليك عالية المقاومة و منفذة للغازات و لهذا فان الدلاليك عادة تجفف هى الاخرى، و يمكن استعمال الدلاليك الاماكن النيئة التى تتطلب ذلك .

و تجفف القوالب الرملية المعتادة و الدلاليك المصنوعة من الطين مع اضافات عضوية فى افران التجفيف عند درجات حرارة لا تزيد عن 300 – 350 °م .

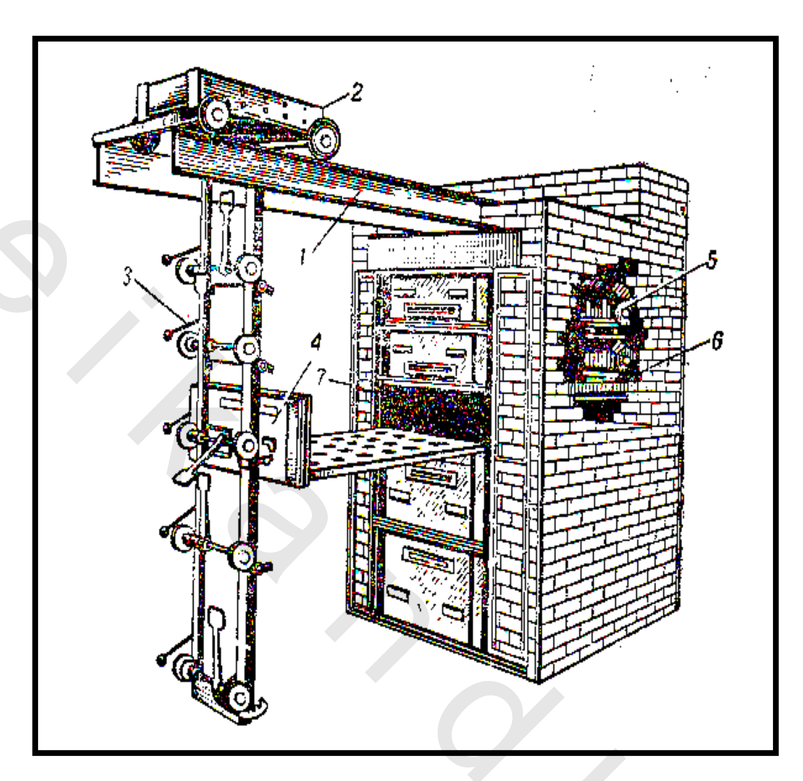
و تجفف القوالب و الدلاليك المصنوعة من الطين عند درجة حرارة 400 – 450° و يجرى تجفيف الدلاليك الزيتية و الدلاليك المصنوعة من رماد الخشب عند درجة 200 – 250 °، كما تجفف الدلاليك المصنوعة من بواقى التقطير الكيروكحولية و صمغ البنجر عند درجة 150 – 180 ° .

فرن التجفيف دورى العمل:

و يستعمل فى الانتاج المسبكى لتجفيف القوالب التى يمكن نقلها و تنتشر انتشارا واسعا فى المسابك افران التجفيف الغرفية ذات العربات المنزلقة و توضع القوالب و الدلاليك على العربات التى تنزلق على قضبان الى غرفة الفرن خلال باب فى الجدار الطرفى للفرن و افران هذا النوع قد تكون نافذة او مسدودة .

و تستعمل لتجفيف الدلاليك الصغيرة على نطاق واسع دواليب التجفيف و هى عبارة عن غرفة مستمرة التسخين (شكل 107)، و تتحرك على العارضتين 1 عربة 2 يثبت بها اطار معلق ذى تركيبة لقطر الارفف و سحبها من الدولاب، و يقرب العامل الاطار الى واجهة دولاب التجفيف و يعشق الخطاطيف 4 بالبروز الموجود بالجدار الامامى لاى رف و ذلك بادارة اليد 3 ثم يسحب الرف من الدولاب و عليه الدلاليك الجافة و ذلك بتحريك العربة فى اتجاهه . و ينزلق الجزء الخلفى من الرف على عجلتين صغيرتين 6 بداخل الدولاب يغلق الجدار الخلفى 7 للرف فى وضعه الجديد بعد سحب الدولاب فيمتنع بذلك تسرب الغاز

منه، و يركب فوق الارفف المتحركة غطاء لسحب الغازات المتكونة عند تجفيف الدلاليك. وتستعمل لتسخين دواليب التجفيف جميع انواع الوقود – الصلب و السائل و الغازى .

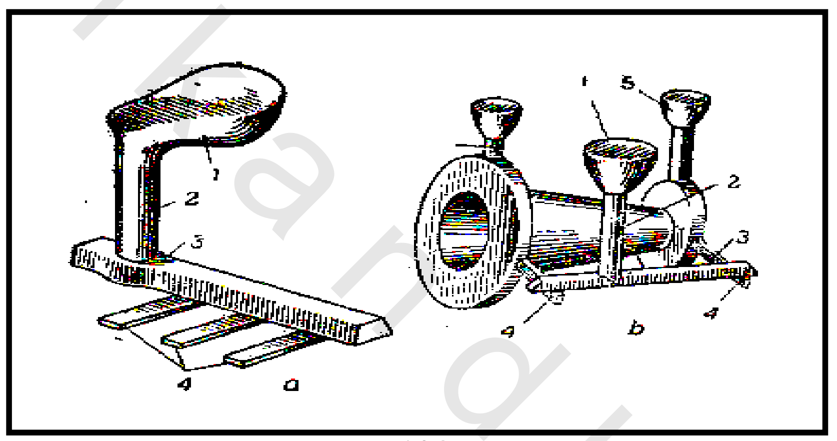


شكل رقم107 ، فرن تجفيف دورى العمل بالتسخين المستمر ذو ارفف متحركة :1 - عوارض . 2- عربة باطار . 3- يد. 4- خطاطيف . 5- عجلات . 6- زوايا .7 - الجدار الخلفى .

و تستعمل بالاضافة الى افران التجفيف المتقطعة العمل بمسابك المصانع الميكانيكية الكبرى افرانتجفيف متواصلة العمل ذات نظام لنقل الدلاليك و تكون هذه الافران رأسية او افقية . و قد بدء فى الاتحاد السوفييتى لاول مرة فى العالم تجفيف الدلاليك بالتيار العالى التردد ، و تستغرق عملية التجفيف فى هذه الحالة بضعة دقائق .

7- **نظام الصلب** :

من اهم عناصر الحصول على مسبوكة سليمة الملء الصحيح لقالب السباكة بالمعدن السائل بحيث يضمن ابعاد ما قد يقع فيه من خبث او قذارة، و ملء القالب بالمعدن دون انقطاع و تغذية المسبوكة اثناء انكماشها . و يسمى نظام القنوات التى يصب بها المعدن خلالها فى القالب عادة بنظام الصب . و يتكون نظام الصب من العناصر الاتية (شكل 108 ، a,b) : قدح الصب 1 و المصب 2 و مانع الخبث 3 و قنوات التغذية 4 .



شكل رقم 108 ، نظام الصب :

a- تركيب نظام الصب المعتاد . b- وضع المصب و المصاعد على المسبوكة .

قدم الصب 1 :

عبارة عن خزان يصب فيه المعدن من بودقة الصب فيوجهه الى المصب و يضمن تغذية غير منقطعة للقالب بالمعدن، و يجفف قدح الصلب الجيد التصميم من صدمة تيار المعدن بالقالب و يمنع الخبث الذى يطفو على سطح المعدن لخفة وزنه من الوقوع فى المصب و فى تجويف القالب .

المصب 2:

عبارة عن قناة رأسية على شكل مخروط ناقص مسلوب الى اسفل بسلبية قدرها 2 – 4 ٪.

مانع الخبث 3:

عبارة عن قناة افقية مقطعها على شكل شبه منحرف تشكل بالريزق العلوى عند مستوى الانفصال و تستعمل لمنع الخبث و توزيع المعدن على قنوات التغذية .

قنوات التغذية 4:

هى اخر جزء من اجزاء نظام الصب يسير فيه المعدن و يتصل مباشرة بتجويف القالب . و يتوقف عدد قنوات التغذية و وضعها على شكل المسبوكات المصبوبة، و توضع قنوات التغذية عند الختم بالريزق السفلى عند سطح الانفصال، و تصنع باعلى القالب مصاعد 5 (شكل 108، b) عبارة عن قنوات رأسية تتسع الى اعلى على شكل قمع والغرص من المصاعد هو اخراج الهواء و الغازات من القالب فى لحظة صب المعدن، و اخراج الاحتواءات غيرالمعدنية التى قد تقع فى المعدن بعد مروره على مانع الخبث و لملاحظة سير عملية ملء القالب، ولا تصنع للمسبوكات الصغيرة مصاعد عادة، اما المسبوكات كبيرة فتكون ذات عدة مصاعد . و عند صناعة المسبوكات من المعادن الكبيرة الانكماش كالصلب، تكون فائدة المصاعد هى تغذية القالب بالمعدن السائل فى لحظة تجمدها و بذلك تمنع تكون فجوات الانكماش فى الاماكن التى تتجمد اخيرا .



الباب الثامن عشر
الحصول على المسبوكـات



1- سبائك و مواد السباكة :

الخواص المتطلبة فى السباكة :

يجب ان تكون السبائك المعدنية المستعملة لانتاج المسبوكات ذات خواص تكنولوجية معينة ، و ان تعطى مسبوكات ذات خواص ميكانيكية معينة ، و اهم الصفات التى تميز بها السبائك : السيولة ومقدار الانكماش عند التجمد و التبريد و الميل للانعزال .

1) السيولة :

و هى قدرة المعدن على ملء قالب السباكة جيدا ، و لا تتوقف سيولة المعدن على تركيبه الكيميائى فحسب، ولكنها تتوقف كذلك على درجة حرارة الصب و الزهر اكثر سيولة من الصلب، و تزداد سيولة الزهر بزيادة نسبة الفوسفور به (ولا تزيد عن 0.25 – 0.30 ٪) وتنخفض بزيادة نسبة الكبريت (ولا تزيد عن 0.1 ٪) و تزداد سيولة السبيكة عند ارتفاع درجة حرارتها .

2) الانكماش :

و هو خاصية انكماش المقاييس الطولية و الحجمية للمعادن والسبائك عند تجمدها و تبريدها ، و يعبر عن الانكماش الطولى (او الحجمى) بالنسبة المئوية من كول (او حجم) المسبوكة الباردة، فاذا كان l_1 – طول النموذج، l – طول المسبوكة الناتجة فان النقص فى الطول $\Delta l = l_1 - l$ والانكماش الطولى يساوى $(l_1 - l) / l \cdot 100\%$ ، و اذا كان v_1 – حجم النموذج، v – حجم المسبوكة فان النقص فى حجم المسبوكة $\Delta v = v_1 - v$ و الانكماش الحجمى يساوى $(v_1 - v) / v \cdot 100\%$.

و يؤدى انكماش المعادن و السبائك الى تكون فجوات و مسام فى المسبوكات، و اكثر الوسائل استعمالا لقماومة تكون الفجوات هى وضع مصاعد فى الاماكن التى يحتمل ظهور فجوات انكماش بها فى المسبوكة .

و قد اثبت الاكاديمى بوتشفار العلاقة بين طبيعة تبلور السبيكة (من منحنى التسابك) و قصافة الانكماش، اذ يؤدى طول فترة التبلور فى السبائك الى انتشار المسامية داخل الدرندريتية و بين الدرندريتية، و لا يمكن تجنب هذه المسامية بوضع المصاعد، فى حين ان نقص فترة التبلور يساعد على تجمع فجوات الانكماش التى يمكن اخراجها من المسبوكة فى اماكن المصاعد .

3) الانعزال :

فى السبائك ،و قد تكلمنا عنه فيما سبق، و يتوقف كذلك الى حد كبير على طبيعة السبيكة و تكنولوجيا السباكة، و كلما زاد المدى بين درجتى حرارة التبلور كلما زادت خطورة حدوث الانعزال .

مواد الشحنة المستعملة للحصول على الزهر و الشحن :

تسمى المواد التى تشحن بها افران الصهر بمواد الشحنة، وتتكون مواد الشحنة عند الصهر فى الافران الكهربائية او اللهبية من المعدن و الفلكس و يضاف اليهما الوقود عند الصهر فى افران الدست .

1) الشحنة المعدنية :

يستعمل عند تجميع الشحنة لسباكة الزهر حديد التماسيح (زهر الفرن العالى) حسب المواصفات القياسية للاتحاد السوفييتى ، والسبائك الحديدية و الزهر السبائكى الطبيعى و مخلفات انتاج المسبك (نظام الصب و المسبوكات غيرالصالحة) و خردة الزهر و الصلب

والرايش على شكل قوالب صغيرة . وتتكون الشحنة عادة من 25 – 40٪ من حديد التماسيح، و 40 – 60 ٪ من خردة الماكينات و مخلفات انتاج المسابك، و نحو 15 ٪ من خردة الصلب و من السبائك الحديدية بنسبة تحدد بالحساب .

2) الوقود :

افضل انواع الوقود لصهر الزهر فى فرن الدست هو فحم الكوك ولا يحتوى على مكونات متطايرة و يعطى لهبا مركزا و درجة حرارة عالية و يشكل استهلاك الكوك فى فرن الدست 12 – 15 ٪ من وزن الزهر المصهور . ويمكن استبدال الكوك جزئيا بالانثراسيت و يستعمل الفحم الحجرى و البترول و الغاز عند صهر المعادن فى الافران اللهبية .

3) الفلكس (المادة المساعدة) :

و لزيادة سيولة الخبث المتكون عند صهر الزهر من رماد الوقود و اكاسيد المعادن و الرمل و بطانة الفرن توضع فى فرن الدست كمية من الفلكس على شكل حجر جيرى و دولوميت و سبار صهر و اباتيت و خبث افران مارتن، و بما ان الوزن النوعى للخبث السائل اقل منه للمعدن، فان الخبث يطفو على سطح المعدن و يخرج من فتحة الخبث و شكل استهلاك الفلكس (حجر الجير) من 25 – 40 ٪ من استهلاك الكوك .

4) حساب الشحنة المعدنية لسباكة الزهر :

يجرى حساب المواد المعدنية الداخلة فى الشحنة حسب تركيبها الكيميائى المطلوب عند الصهر فى فرن الدست او الافران اللهبية . و قد اوردنا بجدول (17) مقدار احتراق العناصر .

احتراق العناصر عند صهر الزهر

فى فرن دست و الافران اللهبية

جدول 17

العنصر الكيميائى	النسبة المئوية لاحتراق العنصر ، ٪		العنصر الكيميائى	النسبة المئوية لاحتراق العنصر ، ٪	
	بفرن دست	بفرن اللهب		بفرن دست	بفرن اللهب
الكربون	-	10- 30	الفوسفور	0	0
السليكون	10- 15	25- 50	النيكل	0	0
المنجنيز	15- 20	30- 60	الكروم	20- 30	-
الكبريت	40- 50	25- 50	المولبدنيوم	الى 5	0

2- **افران الصهر** :

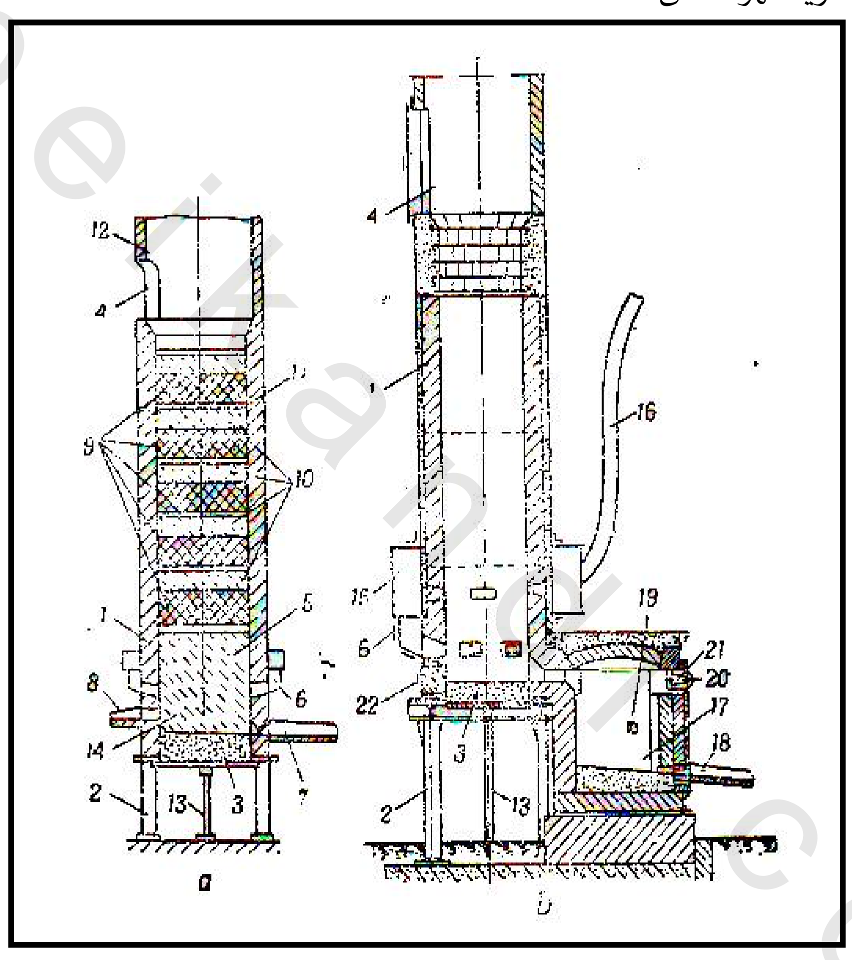
فرن الدست :

يصهر فى افران الدست – و هى الاختراع الرائع لمعدنى القرن الثامن عشر – نحو 80 – 90 ٪ من الزهر المصهور فى المسابك، و فرن دست بسيط التركيب، سهل الاستعمال، اقتصادى فى استهلاك الوقود، ذو انتاجية عالية، ويمكن استعماله فى نظام الانتاج المستمر او المرحلى فى المسبك . و فرن الدست كما هو موضح بشكل (109 ، a) عبارة عن قصبة 1 مبطنة بالطوب الشاموت و مبينة داخل غلاف حديدى، وتعتمد القصبة من اسفل على قاعدة ترتكز على الاعمدة 2 . و تغلق فتحة القصبة من اسفل بالابواب ذات المفاصل التى تثبت فى مكانها بمسند، و عليها يدك قعر الدست 3 من رمل مسبك قليل العضوية، و بأعلى القصبة باب الشحن الجانبى 4 و يجرى خلاله شحن الوقود و الشحنة المعجنية و الفلكس فى الفرن . و تشحن هذه المواد على شكل طبقات متوالية فى الفرن، و تسمى المنصة المقامة بارتفاع عتبة

باب الشحن بمنصة الشحن . و يغطى قعر الفرن 3 المرتكز على المسند 13 بطبقة فحم الكوك تسمىبالطبقة العاطلة 5 و يجب ان يكون سطحها العلوى اعلى بـ 700 – 800 مم عن مستوى فتحات الهواء (التوبير) 6، التى يدخل منها الى الفرن بواسطة مروحة، الهواء اللازم لاحتراق الكوك و تكون الطبقة العاطلة قاعدة للطبقات الاخرى العاملة، وتظل فى مكانها طول فترة الصهر و الجزء الاعلى من الطبقة العاطلة (الموجودة فوق فتحات الهواء) حيث يجرى احتراق الكوك وتتولد درجة حرارة عالية، هو منطقة انصهار الزهر . و تتساب قطرات الزهر المنصهرة هنا بين كتل الكوك فى الطبقة العاطلة الى القعر، و من هناك يصب الزهر من آن لآخر عند تجمعه خلال فتحة الزهر الى القناة 7 و منها فى البودقة و ينساب الخبث الطافى على سطح الزهر خلال فتحة الخبث فى قناة قصيرة خاصة 8 . و يمتلىء فراغ فرن الدست من مستوى الطبقة العاطلة الى مستوى باب الشحن بطبقات المعدن 9 المتبادلة مع طبقات الوقود العاملة 10 و الهدف من الطبقات العاملة من الوقود هو تعويض استهلاك الطبقة العاطلة عند احتراقها لحفظ مستوى السطح العلوى للطبقة العاطلة و وضع منطقة الانصهار على ارتفاع ثابت طول مدة الصهر . وبأعلى كل طبقة من طبقات الوقود العاملة تشحن طبقة من الفلكس (الحجر الجير) 11 .و تتصاعد نواتج الاحتراق الى اعلى فى القصة فتشحن الشحنة الهابطة و تمر الى الماسورة 12 .

و فرن الدست هو فرن متواصل العمل، يمكن ان يعمل دون توقف 15 – 20 ساعة، و تنصهر فى فرن الدست 5 – 8 طبقات من المعدن فى الساعة، و يجب شحن نفس العدد من الطبقت ثانية (اى بمعدل طبقة واحدة كل 8 – 12 دقيقة تقريبا)، و يوجد عادة فى افران

الدست الحديثة صفان او ثلاثة من فتحات الهواء توضع بحيث تكون متبادلة فيما بينها على شكل لوحة الشطرنج . و يتراوح عدد فتحات الهواء فى الصف الواحد من 4 – 8 حسب حجم الفرن، و يدخل الهواء المضغوط بواسطة مروحة بقميص الهواء باتجاه المماس لتضمن توزيعا متساويا للهواء على الفتحات .

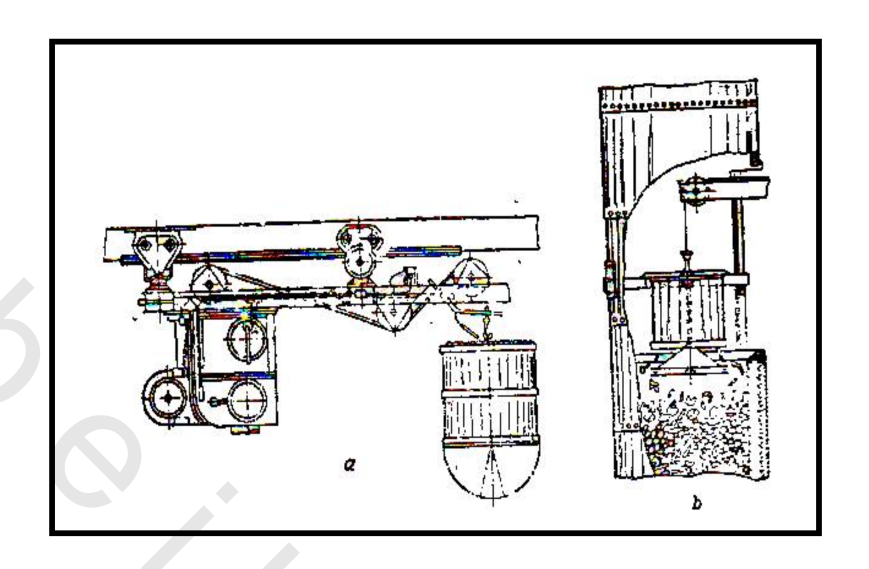


شكل رقم 109 ، رسم تخطيطى لفرن الدست :

a- بدون مجمع المعدن السائل . b- بمجمع المعدن .

و بشكل (109 ، a) رسم تجطيطة لفرن الدست دون مجمع للمعدن السائل ،ويتجمع الزهر السائل فى الكور 14مباشرة ومنه يصب من آن لآخر بواسطة قناة الصب فى البودقة وكثيرا ما يزود فرن الدست بمجمع للمعدن السائل 17 (شكل 109 ، b) و ينساب فيه المعدن السائل دون انقطاع من قعر الفرن، و المجمع 17 عبارة عن وعاء اسطوانى الشكل مبطن بالطوب الشاموت و قعره من الرمل المدكوك . و يوجد فى المجمع ثقب لصب المعدن المصهور و قناة صب 18 و ثقب 19 لاخراج الخبث و قناة للخبث، و يجرى تعهد تجميع خلال الباب 20 و به شباك للمراقبة 21، و يستعمل باب التشغيل 22 لتعهد قعر الفرن واشعاله . و الغرض من المجمع هو تجميع كمية كافية من المعدن السائل للحصول على مسبوكات كبيرة باستعمال فرن صغير، و يكون تركيب الزهر عند وجود المجمع اكثر تساويا، كما ان تجميع الزهر بعيدا عن الطبقة العاطلة يجعل الزهر اقل تشبعا بالكربون و الكبريت .

و فى المسابك التى يجرى فيها لصب القوالب على ناقل، ينساب المعدن باستمرار من فرن الدست الى مجمع يدور على محاور بواسطة تركيبة خاصة . و مثل هذا التركيب للمجمع يجعل من الممكن الاستغناء عن سد ثقب الصب بعد كل صبة .



شكل رقم 110 ، شحن فرن الدست :

a- عربة بقعر قلاب . b- عربة بقعر مخروطى قابل للانزلاق .

و ينتهى فرن الدست بمدخنة تزود فوهتها بمظلة او بمطفىء للشرار لاطفاء الشرار و لمنع الشرار و الغبار المتطاير من الخروج من المدخنة مع الدخان و يجرى شحن افران الدست الكبيرة بواسطة اوناش شحن خاصة تستعمل لرفع المواد الى منصة الشحن و لشحنها فى الفرن (شكل 110) .

الابعاد الرئيسية لفرن الدست :

لما كانت قصبة فرن الدست من القعر حتى باب الشحن اسطوانية فان اهم بعد للفرن هو القطر الداخلى للقصبة، و تترواح الانتاجية النوعيى لفرن الدست، اى انتاجية المعدن المصهور لكل متر مربع من مقطعه، حسب البيانات المستقاة من الصناعة من 7 الى 8 طن / ساعة . و يتراوح القطر الداخلى لافران الدست عمليا من 700 – 2000 مم، و تترواح انتاجيتها من 3 – 25 طن / الساعة .

وتؤخذ نسبة المساحة الكلية لفتحات الهواء الى مساحة مقطع الفرن حسب ابعاد الفرن، فتكون للافران الصغيرة – 1 : 4، و للمتوسطة – 1 : 5 ، وللكبيرة – 1 : 6

و يتراوح ارتفاع الحرف السفلى للصف الاسفل من فتحات الهواء عن القعر فى افران الدست الحديثة ذات المجمع من 250 – 300 مم و فى الافران التى لا يوجد بها مجمع من 500 – 600 مم . و يحدد الارتفاع النافع لفرن الدست ع، اى المسافة من الحرف العلوى للصف الاعلى من فتحات الهواء حتى عتبة باب الشحن عمليا حسب قطر الفرن، و تؤخذ النسبة ع : ق فى الحدود التالية :

للافران الصغيرة من 3.7 : 1 الى 5 : 1، و للمتوسط من 3 : 1 الى 4.5 : 1، وللكبيرة من 2.5 : 1 الى 3.5 : 1 .

ويصل حجم الهواء الذى يدخل فرن الدست من 100 – 130متر3/ دقيقة لكل متر2 من مساحة مقطع الفرن . و يحسب ضغط الهواء فى القميص من المعادلة :

$$P = 64 \sqrt{q0}\ F$$

حيث P : ضغط الهاء بالـ مم، F : مساحة مقطع الفرن بالـ متر،

q0 : الحجم النوعى للهواء المضغوط بالـ متر3/ دقيقة لكل متر من مقطع الفرن .

و يتراوح ضغط الهواء عمليا من 400 مم . ماء لافران الدستالصغيرة الى 1000 – 1100 مم . ماء لافران الدست الكبيرة .

عملية صهر الزهر فى فرن الدست :

بعد الاصلاح الدورى للفرن و تبطينه و دك القعر يجفف الفرن باشعال الخشب على القعر، و بعد ذلك تشحن طبقة عاطلة من الوقود و تشعل، و بعد اشتعال الطبقة العاطلة تشحن فوقها طبقة من المعدن ثم طبقة عاملة من الكوك و يرش فوقها الفلكس، ثم تشحن طبقات من المعدن و الكوك و الفلكس ثانية و هكذا .

3- صب المسبوكات :

يصب المعدن المصهور فى افران الدست فى بوادق ومنها يصب فى القوالب .

و بوادق الصب ذات اشكال و سعات مختلفة حسب حجم المسبوكة المطلوبة، و بشكل (111) بينا اشكال البوادق :

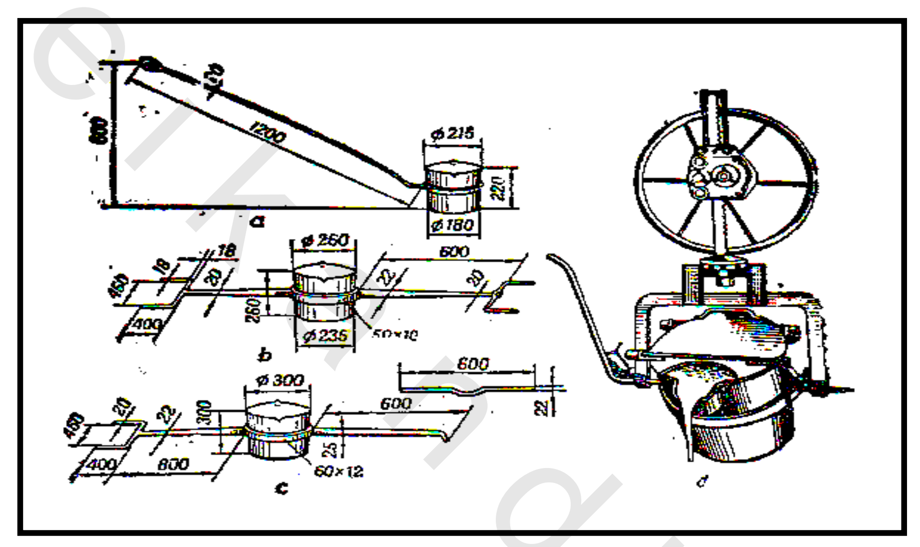
a – ملعقة يدوية سعتها تصل الى 20 كجم (و وزنها يصل الى 12 كجم) و يستكيع عامل واحد بمساعدة هذه البودقة نقل المعدن، من فرن الصهر الى القوالب .

b,c – بوادق يدوية على شوكات حاملة و سعتها تترواح من 50 الى 80 كجم و احد اطراف هذه الحوامل على شوكة بواسطنها يوجه السباك تيار المعدن فى قدح الصب، و الطرف الثانى للحامل دون شوكة و يقوم بحمله عامل مساعد و يحمل البوادق ذات الحوامل الشوكية عاملان او اكثر (شكل 111 ، b,c) .

اما البوادق الاكبر من ذلك فتحمل بواسطة الاوناش او على قضبان مفردة (شكل 111 ، d)، و تستعمل لصب الصلب فى القوالب بوادق كتلك المستعملة لصب الصلب، اى انها ذات ثقب فى القاع يغلق بتركيبة خاصة .

طريقة صب المعدن :

يجب ملء القوالب بتيار مستمر من المعدن اذ تتكون طبقة من الاكاسيد على سطح الجزء المصبوب من المعدن فى القالب وبصب معدن اضافى بعد ذلك يتكون بينهما فى القالب سطح التحام ،ويصب المعدن فى القالب الى ان يظهر بالمصاعد ، وتشغل الغازات المتصاعدة من القالب اثناء الصب حتى لا يتسمم جو المسبك .



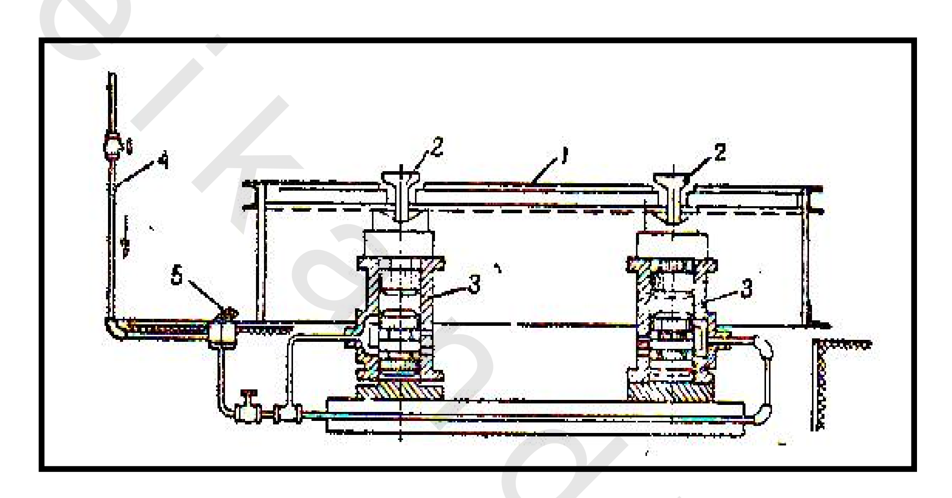
شكل رقم 111 ، بوادق الصب :

a,b,c – بوادق يدوية . d – بوادف بتركيبات للرف و انزال و غطاء واق .

4- **اخراج المسبوكات و تنظيفها** :

بعد تجمد المسبوكات تماما و تبريدها بدرجة كافية تخرج من القوالب ثم تخرج الدلاليك من داخل المسبوكات، و يتم اخراج الدلاليك و المسبوكات فى المسابك الحديثة ميكانيكيا ، و تستمل لذلك معدات خاصة . و بشكل (112) شبكة لاخراج المسبوكات

تعمل بضغط الهواء و يوضع الريزق على الاطار 2 لشبكة الاهتزاز، وبواسطة البدال 5 تشغل الهزازات 3 . و يسقط الرمل المهزوز خلال الشبكة 1 فى حين تبقى المسبوكة و الريزق الفارغ على الشبكة، ويدخل الهواء المضغوط خلال الماسورة 4 . اما فى المسابك الصغيرة فيجرى اخراج المسبوكات يدويا او باستعمال هزازات تعمل بضغط الهواء و تثبت الى الروازق التى تعلق على عارضة، و تخرج الدلاليك اما باستعمال هزازات او بواسطة تيار من الماء فى غرفة هيدروليكية .



شكل رقم 112 ، شكل تخطيطى لشبكة تكسير رمل القالب و الدليك

ازالة المصبات :

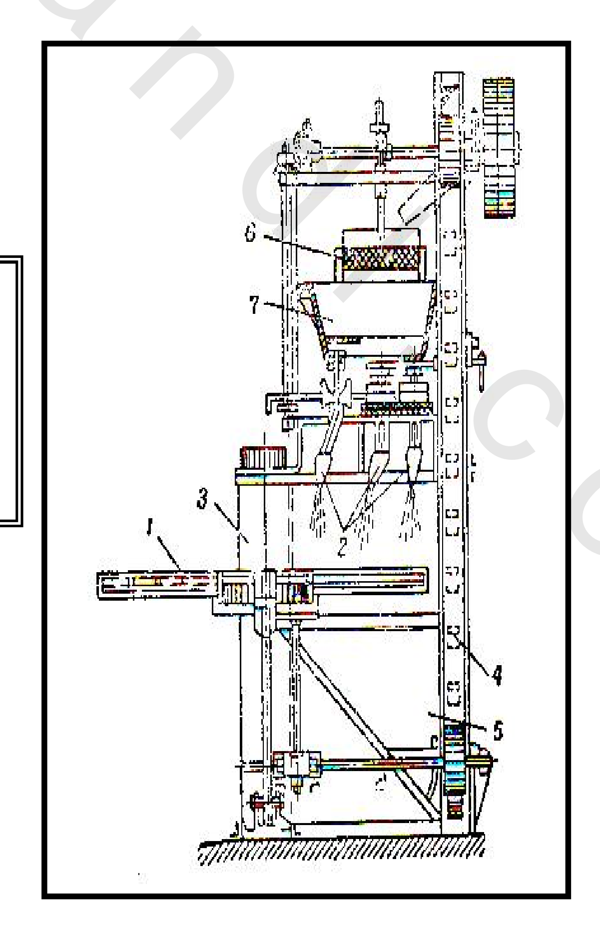
تزال المصبات و المصاعد من المسبوكات الزهر عادة بضربات من المطرقة عند اخراج المسبوكات من الريزق . و تزال المصاعد ذات المقطع الكبير بالمسبوكات الزهر و اجزاء نظام الصب بالمسبوكات الصلب و من المعادن غير الحديدية باستعمال المناشير القرصية او

الشريطية ، و يستعمل القطع بالغاز لازالة المصبات من المسبوكات الصلب .

تنظيف المسبوكات :

الغرض من تنظيف المسبوكات هو تخليص سطحها من الرمل الملتصق و المحترق بها و تنظيفها من الزوائد المتكونة عند سطح الانفصال و عند ادلة الدلاليك و من الخشونة المتبقية فى اماكن اتصال عناصر نظام الصب . و يجرى التنظيف الميكانيكى للمسبوكات فى البراميل الدوارة او فى ماكينات التنظيف بالرمل .

و تحمل المسبوكات المراد تنظيفها فى البرميل الفارغ حتى 3/4 حجمه و تلقى به كذلك زهرات مسننة حجمها من 20 – 65 مم او قطع صغيرة من الصلب بمقدار 30 – 35 ٪ من وزن المسبوكات .



شكل رقم 113، مائدة دوارة لتنظيف المسبوكات بالرمل

و عند ادارة البرميل تحتك المسبوكات بعضها ببعض و تحتك الزهرات المسننة بسطح المسبوكات كما انها تدخل فى تجاويفها مساعدة بذلك على تنظيف سطوحها الداخلية ، و بشكل (114) رسم تخطيطى لتركيبة المائدة الدوارة لتنظيف بالرمل و تقدم المسبوكات الموضوعة على المائدة الشبكية 1 الى الفونيات 2 التى تقوم بالتنظيف داخل غرفة ، و عند تنظيف احد جانبى المسبوكات تقلب ثم تغذى تحت الفونيات بادارة المائدة ، و هكذا فان نصف المائدة و ما عليه من مسبوكات يكون داخل الغرفة و يفصل بواسطة فاصل من المطاط 3 حتى لا ينتشر الرمل و الغبار خارج الغرفة ، و ينظف الرمل المقذوف من الفونيات المسبوكة ثم يسقط خلال ثقوب المائدة فى المجمع 5 و منه يرفع بواسطة رافعة قادوسية 4 يمر خلال المنخل6الى صندوق الصرف7.

و تعمل ماكينات التنظيف بالكسر بطريقة مشابهة ، و بها يتم تنظيف المسبوكات بواسطة تيار من كسر الزهر او الصلب قطرها 0.8 – 1.5 مم ، و لتنظيف المسبوكات الكبيرة تستعمل الماكينات الهيدروليكية للتنظيف بالرمل، وتجرى ازالة الزوائد و الخشونات بعد التنظيف على ماكينات الصنفرة المختلفة الانواع .

5- **عيوب المسبوكات و اسبابها** :

تعتبر المسبوكات المحتوية على عيوب غير مسموح بوجودها فنيا غير صالحة ، و سنبين هنا الانواع الرئيسية لعطب المسبوكات و اسباب حدوثها بمختلف انواع السباكة بوجه عام .

الزوائد :

و تحدث بالمسبوكات عند سطح انفصال القالب و عند ادلة الدليك نتيجة لوجود خلوص بين نصفى الريزق .

اعوجاج المسبوكات :

و يحدث نتيجة لعدم تساوى سمك جدرانها لذا يجب تحسين التصميم و استعمال مبردات للاجزاء السميكة للمسبوكة .

الفصوص :

و هى نقط المعدن غير الملتحمة تماما مع المسبوكة، و هى النقط التى صبت فى القالب اولا ، و تتجمد هذه الفصوص فى المسبوكات الزهر على شكل زهر ابيض صلد يجعل من الصعب تشغيل المسبوكة بالقطع .

الالتحام :

و هو على شكل انخفاض اخدودى ينتج بسبب عدم التحام اتام بين تيارات المعدن الداخلة من جهات مختلفة و يرجع حدوث الالتحام الى عدم سيولة المعدن بالدرجة الكافية او عدم توجيه المعدن توجيها صحيحا و بالذات لانقطاع تيار المعدن عند ملء القالب .

نقص المعدن :

بجزء من المسبوكة ، و يلاحظ عند عدم سيولة المعدن بالدرجة الكافية ، و عند تجمع غازات تمنع ملء القالب بالمعدن، و يحدث كذلك عند تسرب المعدن خلال الثغرة المتكونة عند سطح الانفصال نتيجة لسوء ربط نصفى الريزق .

الفقاعات الغازية :

وهـى فقاعـات مـن الهـواء او الغـازات التـى تتكـون فـى القالـب وتبقى بالمسبوكة على شكل فراغات صغيرة موزعة بأجزائها المختلفة، و اسـباب ظهـور الفقاعـات الغازيـة بالمسـبوكة هـى عـدم انفاذيـة القالـب للغازات بدرجة كافيـة (شـدة الـدك مع تهوية رديئـة) و رداءة انـواع رمـل القالب و الدليك و سـوء تهويـة الـدلاليك، و رطوبـة الـدلاليك عنـد وضـعها فى القالب، وصب معدن لم يتخلص بعد جيدا من الغـازات، يجـب تجنـب المستويات الافقية الكبيرة بالمسـبوكات و الاسـتغناء عنهـا حيـث يمكـن ذلك باستعمال مستويات مائلة .

فجوات التجمد :

و هـى الفراغـات التـى تتكـون نتيجـة لعـدم كفايـة المعـدن المغـذى للمسبوكة فى اماكن تجمـع المعـدن، و كـثيرا مـا تـرى فجـوات التجمـد بالمسـبوكات علـى شـكل عـدد كـبير مـن الفقـاقيع الصـغيرة تسـبب انسحاقية المسبوكة و مساميتها .

و الاسـباب التـى تنجم عنهـا فجـوات التجمـد و الانسـحاقية هـى : التصميم الغير صحيح للمسبوكة و لاوضاع المصبات و المصاعد ، و مـلء القالب بمعدن اسخن من الـلازم، و الخطـأ فـى تركيـب المعـدن ممـا ينـتج عنه انكماش زائد .

و يجـب ان يكـون الانتقـال مـن الاجـزاء السـميكة الى الاجـزاء الرقيقة بالمسبوكة تدريجيا حتـى يعـوض ذلـك فـرق درجـات الحـرارة فـى عملية تجمد المعدن، و تصـبح مشـكلة فجـوات التجمـد ذات اهميـة بالغـة بالنسبة للمسبوكات من السبائك العالية الانكماش (كـالزهـر الطريـق و المسبوكات المصنوعة من الصلب) .

فصوص الخبث :

و هى احتواءات من الخبث بجسم المسبوكة تقع فى القالب من بودقة الصب، و اسباب حدوث هذا العيب : سوء تنظيف المعدن من الخبث فى البودقة، الخطأ فى الصب، سوء تصميم نظام الصب .

اصلاح عيوب المسبوكات :

يمكن اصلاح نقص المعدن بالمسبوكات الكبيرة بملء المكان الناقص بالمعدن باللحام او بصب المعدن السائل عليه .

ويمكن اصلاح العيوب بالاجزاء التى تحمل ميكانيكيا بنجاح استعمال اللحام بالغاز او بالقوس الكهربائى، و تكنولوجيا هذه العمليات موضحة فى جزء (لحام المعادن)، ويمكن ان تستعمل لسد الشقوق الصغيرة و الفجوات غير العميقة بالمسبوكات المعدنية باستخدام اجهزة خاصة، وتستعمل للمعدنة اسلاك من الصلب الطرى و النحاس الصفر و الزنك، و ينظف سطح المسبوكات قبل المعدنة بعناية بجهاز تنظيف المسبوكات بالرمل او بالكسر .

و فى الختام يجب ان نذكر ان عطب المسبوكات كثيرا جدا ما ينتج عن سوء تصميمها، الذى وضع بدون اعتبار الخصائص التكنولوجية لعملية انتاجها، و يجب عند تصميم المسبوكات اعتبار خواص المعدن المسبكية و مقاسات المسبوكة و تصميم قالب السباكة و عملية صب المعدن بالقالب و كذلك طرق التشغيل الميكانيكى للمسبوكة .





الباب التاسع عشر

سباكة الصلب

وسبائك المعادن غير الحديدية


obeikandl.com

1- **سباكة الصلب** :

تستعمل سباكة الصلب الواجهة فى الصناعة الميكانيكية الحديثة على نطاق واسع لمختلف اجزاء الماكينات التى يتراوح وزنها من 10 جم الى 200 طن، و لا تقل الخواص الميكانيكية للمسبوكات المصنوعة من الصلب دون عيوب مسبكية عن مثيلتها للاجزاء المطروقة، وقد ازدادت اهمية سباكة الصلب الواجهية فى الصناعة الميكانيكية للاتحاد السوفييتى فى الاعوام الاخيرة وزيادة كبيرة فى الناحيتين الكمية و النوعية .

و يستعمل لسباكة الواجهة الصلب الكربونى و السبائكى، وللحصول على مسبوكات من الصلب ذات بنية فيريتية – بيرليتية يستعمل صلب كربونى يحتوى على 0.15 – 0.45 ٪ C، 0.2 – 0.5 ٪ Si، 0.5 – 1.0 ٪ Mn، وحتى 0.6 ٪ P، وحتى 0.6 ٪ S .

و يستمعل الصلب المنخفض السبيكة على نطاق عندما يطالب الحصول على خواص ميكانيكية عالية للاجزاء، و يستعمل الصلب العالى السبيكة عندما يكون المطلوب ان تكون المسبوكات ذات خواص طبيعية – كيميائية خاصة (مثل الصلب Γ13) .

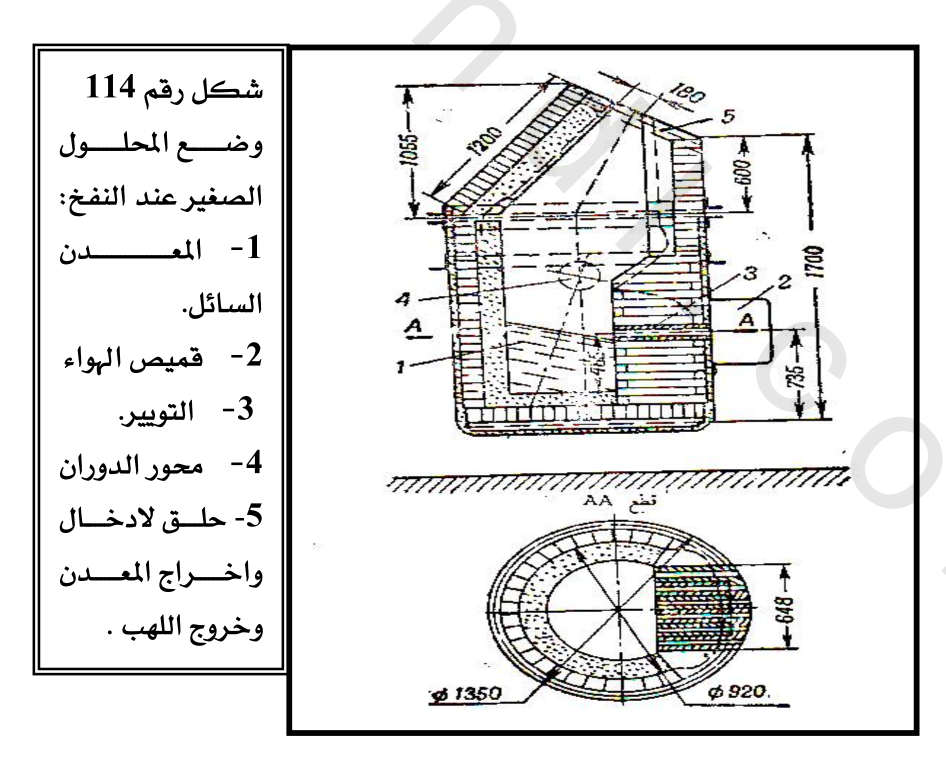
شروط الحصول على مسبوكات سليمة من الصلب :

يصل انكماش الصلب الكربونى فى المتوسط الى نحو 2 ٪، اى انه ضعف انكماش الزهر الرمادى، اما الانكماش المسبكى للصلب المحتوى على نسبة كبيرة من المنجنيز Γ13 فيصل الى 2.6 – 3.0 ٪ . و الصلب الاقل سيولة من الزهر كما انه يتطلب درجة حرارة اعلى عند صبه فى القالب وتزيد كل هذه الخصائص من صعوبة الحصول على مسبوكة سليمة من الصلب .

ويتطلب الانكماش الكبير للصلب تجهيز القوالب و الدلاليك بطبقات قابلة للانضغاط و تركيب المصاعد لتغذية المقاطع الكبيرة، ونظرا لانخفاض سيولة الصلب تزاد المساحة الكلية لمقطع قنوات التغذية بالنسبة لما تكون عليه عند سباكة الزهر .

و يلعب التصميم الصحيح للمسبوكة دورا حاسما فى الحصول على مسبوكة سليمة من الصلب : و يجب اثناء التصميم مراعاة الا توجد تجمعات محلية للمعدن و ان تكون التحولات من مقطع الى اخر تدريجية.

و لما كانت بنية الصلب الناتجة عن عملية تجمد و تبريد المسبوكات الصلب فى القالب كبيرة الحبيبات، فان مسبوكات الصلب الواجهية تعامل حتما بالتلدين الذى يزيل الاجهادات الداخلية الناتجة بالمسبوكات اثناء عمليات التجمد و التبريد و يصغر الحبيبات ويرفع من خواصها الميكانيكية .



شكل رقم 114
وضع المحلول الصغير عند النفخ:
1- المعدن السائل.
2- قميص الهواء
3- التويير.
4- محور الدوران
5- حلق لادخال واخراج المعدن وخروج اللهب .

افران الصهر لسباكة الصلب الواجهية :

و هى افران مارتن و الافران الكهربائية ، و يستعمل فى الصناعة الميكانيكية الحديثة محول بسمر الصغير ذو السعة 1 – 3 طن لصهر الصلب .

و يختلف محول بسمر الصغير ذو بان الهواء المضغوط يغذى اليه خلال فتحات 3 (شكل 114) بجانب المحول مائلا على سطح المعدن السائل 1 ، و ليس خلال قاع المحول كما فى عملية بسمر المعتادة .

و يصهر الزهر لمحول بسمر الصغير فى فرن الدست ثم يصب بواسطة بودقة – ونش فلا المحول خلال عنقه . و نتيجة لنفخ الهواء تحترق الشوائب الموجودة بالزهر السائل – و هى الكربون و السليكون و المنجنيز و خلال 15 – 20 دقيقة من النفخ يتحول الزهر السائل الى صلب سائل درجة حرارته 1600 – 1700 ^{o} و هنا يوقف النفخ و يدار المحول على محاوره الى الوضع الافقى و يصب الصلب فى بوقدة تحمل لصب القوالب الجاهزة .

2- سباكة سبائك المعادن الغير حديدية :

تستعمل فى الصناعة الميكانيكية انواع مختلفة من سبائك المعادن غير الحديدية ، تختلف خواصها و استعملاتها ، و تنقسم كل انواع سبائك المعادن غير الحديدية المستعملة لسباكة الواجهة الى نوعين : السبائك الثقيلة على اساس النحاس، و السبائك الخفيفة على اساس الالومنيوم و الماغنسيوم .

السبائك ذات الاساس النحاسى :

و هى البرونز و النحاس الاصفر و تستعمل عند تجهيز سبائك النحاس على نطاق واسع اضافات على شكل سبائك ثنائية : Cu – Si

Cu – Al, Cu – p, Cu – Mn, Cu – Ni, و غيرها ، و تتميز بان درجة انصهارها اقل من درجة انصهار العناصر الصعبة الانصهار المكونة لها . و يجرى صهر البرونز و النحاس الاصفر القصديرين فى افران بودقية و لهبية و كهربية تعمل بقوس وحيد الطور، و يجرى صهر البرونز الالومينى اساسا فى افران من طراز (مشتا)، و تميل سبائك النحاس الى التأكسد فى الحالة السائلة و لذلك تختزل قبل صبها من الفرن، وذلك عادة بشحن البرونز الفوسفورى فى الفرن .

المسبوكات من السبائك الخفيفة (سبائك الالومينوم و المغنسيوم)

تستعمل عند تجهيز سبائك الالومنيوم اضافات على شكل سبائك ثنائية و ثلاثية :

Al – Mg (10%Mg), Al – Cu30 – 50%Cu ،Al – Mn – Si (7%Mn, 10%Si) ،Al – Cu – Ni (30 – 50 %Cu,15 – 25 %Ni)

و يجرى صهر سبائك الالومنيوم عادة فى افران المقاومة الكهربائية، و ينصح لحماية السبائك من التأكسد و للحصول على سبائك جيدة باستعمال فلكس واق عند الصهر ليفصل حمام المعدن المنصهر عن جو الفرن، مثل هذاالفلكس يمكن ان يكون خليك من كلوريد الكالسيوم و ملح الطعام . و عند صهر АЛ8 (الماغناليوم) يستعمل كفلكس خليط من كلوريد البوتاسيوم و كلوريد الماغنسيوم.

و تنقى سبائك الالومنيوم قبل صبها بغرض تخليصها من الغازات و الاكاسيد و الاحتواءات غير المعدنية .

و تجرى التنقية اما بتمرير كلور شبه غازى خلال حمام المعدن المنصهر او باضافة كلوريد الالومنيوم او كلوريد الخارصين الى المعدن .

سبائك الالومنيوم:

(السيلومينات) و تعدل بالصوديوم المعدنى بنسبة 0.1 ٪ من وزن السبيكة او بخليط من كلوريدات او فلوريدات الصوديوم و البوتاسيوم (1 – 3 من وزن السبيكة) و نتيجة لذلك تصبح بنية السبيكة دقيقة الحبيبات فترتفع خواصها الميكانيكية .

و يجرى صب سبائك الالومنيوم فى القوالب بالطريقة العادية، ولابد من ذكر طريقة صب القوالب الرملية مع التبلور تحت الضغط بطريقة الاكاديمى بوتشفار و البروفيسور سباسكى، و بهذه الطريقة يجرى الصب فى اوعية ضغط خاصة، فيقفل الوعاء بعد صب القالب اقفالا محكما و يرسل فيه الهواء المضغوط تحت صغط 5 – 6 ض. جـ، و هكذا فان عملية تبلور المعدن فىالقالب تجرى تحت الضغط مما يضمن تحقيق كثافة عالية للمسبوكات .

سبائك الماغنسيوم:

و هى سهلة التأكسد و لهذا يجب اتخاذ الاحتياطات لحماية المعدن من التأكسد، و عند صب سبائك الماغنسيوم فى القالب يمكن ان تتحلل الرطوبة (الماء) الموجودة بالقالب مكونة غاز الميثان، مما قد يؤدى الى انفجار القالب، و لحماية القالب من تحلل الرطوبة بواسطة السبيكة يضاف الى رمل المسبك و رمل الدليك مسحوق الكبريت او حامض البوريك . و يكون الكبريت بتأكسده اسرع من المعدن SO2 الذى يعمل كطبقة واقية بين المعدن و الرمل . كما يكون حامض البوريك بتحوله الى انهيدريد البوريوم B2O2 و باتحاده مع اكاسيد المعدن طبقة واقية للمعدن، و يجب ان نذكر ان سبائك الماغنسيوم فى الوقت الحاضر تصب اساسا فى قوالب معدنية .

و لتجنب التأكسد عند صب القوالب بسبيكة الماغنسيوم يرش تيار المعدن المناسب بمسحوق الكبريت . و تعمل الاجزاء الضخمة من المسبوكة مصاعد لتجنب حدوث فجوات التجمد .

كما تستعمل المبردات على نطاق واسع لمساواة سرعة التبريد باجزاء المسبوكة المختلفة، كما ان المعدن يصب خلال الاجزاء الرقيقة من المسبوكة لنفس السبب.

و تستعمل عند الحصول على سبائك الماغنسيوم اضافات من السبائك الثنائية و الثلاثية التالية :

Al – Mg – Mn(30%Mg.10%Mn), Al – Mn(10%Mn)



الباب العشرون

أنواع وطرق السباكة الخاصة


obeikandl.com

1- السباكة فى القوالب المعدنية :

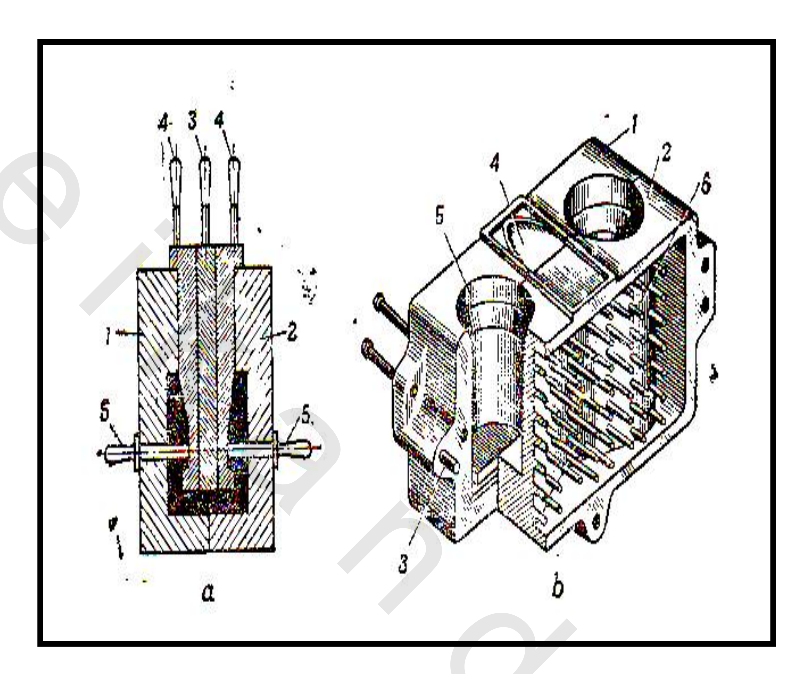
تستعمل القوالب الرملية مرة واحدة فقط و تتحطم عند اخراج المسبوكة، و تستعمل فى الانتاج المسبكى الحديث القوالب المعدنية (الاسطمبات) على نطاق واسع للسباكة الواجهية للسبائك غير الحديدية و كذلك الصلب والزهر . و تستعمل للسبائك الخفيفة (سبائك الالومنيوم و الماغنسيوم) عندئذ دلاليك معدنية، و تستعمل للسبائك غير الحديدية الثقيلة و للزهر و الصلب دلاليك من رمل الدليك .

و بشكل (115، a) اوردنا رسما تخطيطيا لقالب سباكة مكبس محرك السيارة من سبيكة الالومنيوم، يصنع القالب المعدنى الذى يكون الشكل الخارجى للمسبوكة من نصفين 1و 2 ،و يصنع الدليك الذى يكون تجويف المكبس من ثلاثة ليسهل اخراجه من المسبوكة، فيخرج اولا الجزء الاوسط و هو بشكل وتدى 3، ثم الجزء 4 و ذلك بتحريكهما فى اتجاه افقى، يجعل نظام الصب عند سطح انفصال القالب مع تغذية المعدن بواسطة سيفون .

و تصنع القوالب المعدنية لسباكة الاحزاء من السبائك الخفيفة بصفة اساسية من الصلب السبيكى، و يبرد القالب عند العمل تبريدا طبيعيا عادة، كما تستعمل قوالب معدنية ميكانيكية ذات تبريد اجبارى او تسخين موضعى كهربائى لمساواة درجة حرارة الاجزاء المختلفة من القالب .

و تصنع القوالب المعدنية لسباكة الزهر و الصلب و السبائك غير الحديدية الثقيلة من الزهر، و لزيادة مقاومة القالب و لتجنب شدة تبريد المعدن السائل عند صبه فى القالب يغطى السطح العامل له بتغطية خاصة .

و بشـكل (115، b) بينـا قالبـا معـدنيا لسـباكة المكـابس الزهــر لمحركـات الجـرارات . و يتكــون القالــب مــن نصــفين 1 و 2 يفصلهما سطح انفصال رأسى، و يثبت احد نصفى القالب، فى حين يصنع النصف الثانى متحركا فى الاتجاه الافقى بواسطة الدفع .



شكل رقم 115، السباكة فى قوالب معدنية :

a- رسم تخطيطى لقالب معدنى لسباكة مكابس محرك السيارة من سبيكة الومنيوم.b - قالب معدنى لسباكة المكابس الزهر لمحرك الجرار .

و يضبط القالب عند تجميعه بواسطة دسر ضابطة 3، و يصنع نظام الصب عند انفصال القالب له و قدح 4، و تركب الدلاليك فى القالب فى ثقوب خاصة معدة لادلتها 5 . و يتراوح سمك جدران القالب من 20 – 30 مم و على الجانب الخارجى لكل من نصفيه قضبان للتبريد 6 . و تكون المسبوكات الناتجة بالقوالب المعدنية ذات بنية

صغيرة الحبيبات و خوص ميكانيكية مرتفعة ، و لكن هناك اجهادات تنشأ فى الطبقات السطحية نتيجة لسرعة التبريد ، كما تتكون فى مسبوكات الزهر طبقة من الزهر الابيض .و لهذافاناالاجزاء التى يحصل عليها بالسباكة فى هذه القوالب تعامل بالتلدين .

2- **السباكة المركزية الطاردة** :

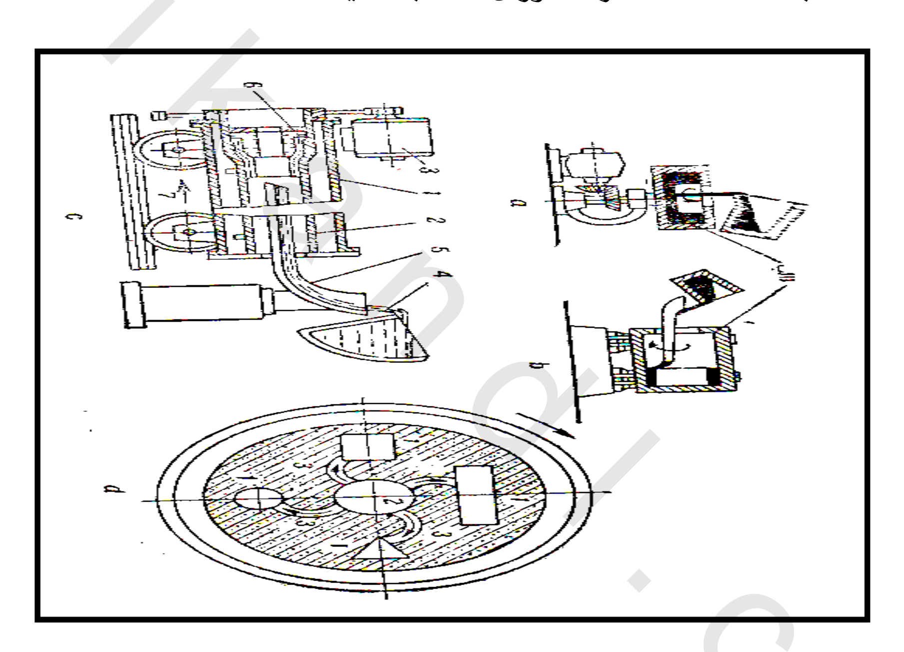
تنسب فكرة الحصول على مسبوكات بالطريقة المركزية الطاردة الى تشرنوف، الذى اشار فىالاعوام 1875 – 1878 الىامكاناالحصول على مسبوكات من الصلب بهذه الطريقة و قد اجرى المهندسان بيلياييف و ايفانوف فى سنتى 1908 – 1909 تجارب بمصنع بوتيلوف بمدينة بطرسبرج للحصول على اجزاء بشكل اجسام دورانية (كالمواسير و الاطواق و القذائف) بالسباكة المركزية الطاردة، ولكن هذه الطريقة المتقدمة لم يبدأ تعميمها الا فى سنوات مشاريع السنوات الخمس، و عند السباكة بالطرد المركزى يصب المعدن السائل داخل قالب يدور بسرعة فتقذفه القوة المركزية الطاردة الى جدران القالب فيتجمد ملتصقا بها مكونا فجوة داخلية اسطوانيى الشكل دون استعمال دليك . و اكثر المجالات مناسبة لاستعمال هذه الطريقة هو صناعة الاجزاء المجوفة بشكل اجسام دورانية بسيطة (كالمواسير و الاسطونات و المحاور المجوفة و تيجان الرؤس .. الخ)، و مع ذلك فان هذه الطريقة تستعمل فى ظروف الانتاج المسبكى الحديث للحصول على المسبوكات المعقدة الشكل .

و بشكل (116) طريقتان للحصول على مسبوكات بطريقة الطرد المركزى :

a – فى قالب محور دورانه رأسى . b – فى قالب محور دورانه افقى .

و يتكون السطح الداخلى للمسبوكة اكثر سمكا من الجزء العلوى، ويزداد هذا الفرق بزيادة ارتفاع المسبوكة و لهذ فان الماكينات ذات المحور الرأسى للدوران تستعمل لانتاج الاجزاء القليلة الارتفاع فقط مثل التيجان البرونزية للتروس و الاطواق و لثب سبائك كراسى المحاور وما اشبه . و لا يمكن استعمال هذه الطريقة لصب المواسير.

اما فى القوالب التى تدور حول محور افقى فان جدران المسبوكة تكون متساوية السمك على كل طول الاسطوانة المجوفة الناتجة اذا كانت سرعة دوران القالب عالية .



شكل 116 ، ماكينة للسباكة بالطرد المركزى :

a- بمحور رأسى للدوران .

b- بمحور افقى للدوران .

c- سباكة المواسير بالطرد المركزى .

d- سباكة الاجزاء الواجهية بالطرد المركزى بمبدأ السنترفوجة .

اما اذا كانت سرعة الدوران منخفضة فان الجدران تكون مختلفة السمك، و تحدد المعادلة التالية التى اقترحها كونستانتينوف الحد الادنى لسرعة دورانالقالب للحصول على مسبوكة سليمة عند سباكة الاجزاء المجوفة بالطرد المركزى .

$$n = \frac{5520}{\sqrt{\gamma R}}$$

حيث ان : n - عدد لفات القالب فى الدقيقة

R - نصف قطر المسبوكة الداخلى بالسنتيمتر

γ - الوزن النوعى للسبيكة بالجرام / سم3

و تستعمل الطريقة الافقية للسباكة بالطرد المركزى عاى نطاق واسع لانتاج المواسير سواء مواسير مواسير المياه او مواسير الاعمال الصحية من الزهر، وقمصان اسطونات المحركات و الجلب وما اشبه .

و هناك طريقتان تستعملان فى الانتاج المسبكى لسباكة المواسير بطريقة الطرد المركزى :

1) الصب فى قوالب معدنية . 2) الصب فى قوالب رملية .

و فى الطريقة الاولى نتنج المسبوكات فى قوالب معدنية من الصلب او الزهر . و بشكل (116 ، c) رسم تخطيطى لماكينة للصب بالطرد المركزى فى قالب معدنى، فيدور القالب 2 داخل غطاء 1 بواسطة محرك 3 بواسطة تروس .

و يبرد القالب من الخارج بالماء الجارى داخل الغطاء، و يصب المعدن السائل من بودقة العيار 4 فى المجرى 5 الذى يصل الى الطرف الايسر للقالب و به الدليك 6 الذى يكون على السطح الداخلى لماسورة

الصـرف، و يتحـرك جسـم الماكينـة مـع المحـرك بعيـدا عـن البودقـة فىالاتجاه الايسر المبين بالسهم 7 على عجلات و ذلك عند صب المعدن .

و تضمن هذه الطريقة لصب المعدن فى قالب دائرى و فى نفس الوقت متقدم ببطء توزيعا متساويا له على طول القالب، و عند وصول طرف المجرى الى الطرف الايمن للقالب توقف تغذية المعدن . و يستمر القالب فى الدوران حتى تجمد المعدن و يتطلب هذا نحو دقيقة .

و تخرج الماسورة من القالب بواسطة قوابض خاصة تمسك بها من الداخل عند نقطة اتساعها و يعود جسم الماكينة فى هذه العملية الى وضعه الاول، و لضمان التغذية المنتظمة للمعدن فى القالب تستعمل بودقة العيار 4 و هى بشكل قاطع دائرى تحركه تركيبة خاصة متصلة بتركيبة تحريك الماكينة عند الصب .

و يتكون سطح المواسير المسبوكة فى قوالب معدنية الى عمق ما من الزهر الابيض و لهذا تعامل بالتلدين، فترسل المواسير بعد اخراجها من القالب مباشرة الى فرن التلدين و به تسخن الى درجة 850 – 950°، و بعد ابقائها عند هذه الدرجة لمدة تتوقف على عمق طبقة الزهر الابيض تبرد ببطء الى درجة 300 – 325 °، و تركيب الزهر المستعمل لسباكة المواسير كالاتى :

3.6 – 3.65 ٪ C، 1.75 – 2.0 ٪ Si، 0.5 – 0.55 ٪ Mn،

0.55 – 0.6 ٪ P، 0.07 – 0.08 ٪ S .

و فى الطريقة الثانية تصب المواسير داخل قوالب رملية مجففة اثناء دورانها و تجهز هذه القوالب فى روازق دائرية، فى هذه الحالة لا يبيض زهر المواسير و يصبح التلدين غير لازم، و يتميز تركيب الزهر فى

هذه الحالة عنه فى الحالة المذكورة اعلاه بانخفاض نسبة السليكون فتصبح نحو 1.6 – 1.7 ٪ .

و بشكل (116 ، d) بينا ماكينة السباكة بالطرد المركزى على شكل سنترفوجة، و بها تدور المائدة بما عليها من قوالب 1 حول محور رأسى 2 فينساب المعدن المصبوب فى القمع الموجود بالمركز فى قنوات الصب 3 فيملأ القوالب المعدنية او الرملية .

3- **السباكة تحت ضغط** :

و هى واحدة من احدى طرق السباكة فى قوالب معدنية ، وبها يملأ المعدن السائل القالب المعدنى (و يكون عادة من الصلب) تحت تأثير الضغط . و تنتج بهذه الطريقة الاجزاء الصغيرة الواجهية الرقيقة الجدران من سبائك المعادن غير الحديدية فى الانتاج بالجملة، مثل اجزاء التركيبات الكهربائية، و اجزاء الماكينات الحاسبة و اجهزة الراديو و بعض اجزاء السيارات و الجرارات و غيرها .

و يضمنالضغط الذى يبذل على المعدن السائل عند صب القالب حسن امتلائه بالمعدن الذى يفقد سيولته بسرعة فى تجويف القالب المصنوع من الصلب، و اتخاذ المسبوكة لادق تشكيلات القالب، و تقليل المسامية بالمقاطع السميكة بالمسبوكة، و تتراوح الضغوط المستعملة عميلا من 10 – 500 ض. جـ، و تصل سرعة صب المعدن فى القالب عندئذ الى 60 متر/ ثانية .

و تعتبر المسبوكة بعد اخراجها من القالب و تخليصها من المصبات جزءا تام الصنع، و لا تتطلب اى تشغيل ميكانيكي اضافى، ويمكن بطريقة السباكة تحت ضغط الحصول على ثقوب صغيرة و على

قلاووظ مضبوط، و تصل دقة ابعاد المسبوكة الى 0.1 – 0.01 مم . ولهذا فالمسبوكات المنتجة بهذه الطريقة تعد قابلة للتبادل فيما بينها عمليا . و بنية المعدن بالمسبوكات المنتجة بطريقة السباكة تحت الضغط تكون دقيقة الحبيبات نتيجة للتبريد السريع بالقالب الصلب، ولهذا تكون الاجزاء عالية المقاومة .

للحصول على الضغط الذى يدخل المعدن تحت تأثيره فى القالب تستعمل ماكينات مكبسية ذات غرف ضغط ساخنة او باردة او ماكينات تعمل بمساعدة كباس الهواء، و يجب عند تصميم الاجزاء التى ستنتج بالسباكة تحت الضغط مراعاة الظروف الخاصة لهذه الطريقة و جعل شكل الجزء المصمم ملائما للخصائص التكنولوجية لهذه الطريقة للسباكة .

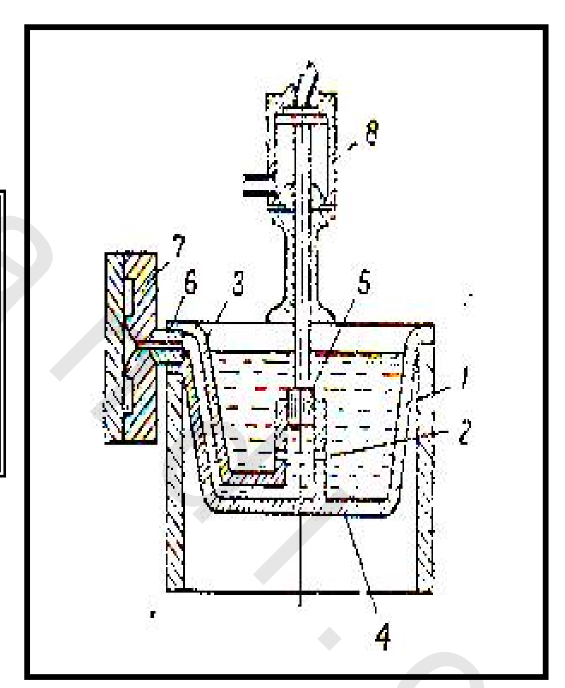
الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الساخنة :

و تستعمل للحصو على المسبوكات من السبائك التى لا تزيد درجة انصهارها عن 450^{o} (القصديرية و الزنكية و الرصاصية) . و يصب المعدن فى حمام من الزهر 1 (شكل 117)، و تبقى درجة حرارة الحمام ثابتة بتسخينه، و يملأ المعدن السائل خلال الفتحة 2 تجويف الاسطوانة و قناة التغذية 3 .

و عند ادارة يد التشغيل يغلق نصفا القالب 7 و يلتصق طرف الانبوبة 6 بفوهة قناة التغذية، عندئذ تشغل الاسطوانة البنيوماتية 8 اوتوماتيكيا فتحرك تحت تأثيرها المكبس 5 فى الاسطوانة 4 فيضغط المعدن المنصهر فى القالب . وبتجمد المسبوكة فى القالب يرتفع المكبس 5 فينساب المعدن السائل من القناة 3 و ينفتح القالب 7 محررا المسبوكة، و بعد نفخ القالب تعاد عملية الصب .

و يقوم بخدمة الماكينة شخص واحد ، و تصل انتاجية الماكينات النصف اوتوماتيكية من هذا النوع الى 250 و الاوتوماتيكية الى 1000 مسبوكة فى الساعة، و يصل الضغط على المعدن الى 6 – 75 ض. جـ .

و من اهم عيوب ماكينات هذا النوع هو تكون طبقة من الاكاسيد بين جدران المكبس و الاسطوانة عند صب سبائك تزيد درجة انصهارها عن 500 ^{o} مما يسبب توقف الماكينة كثيرا .

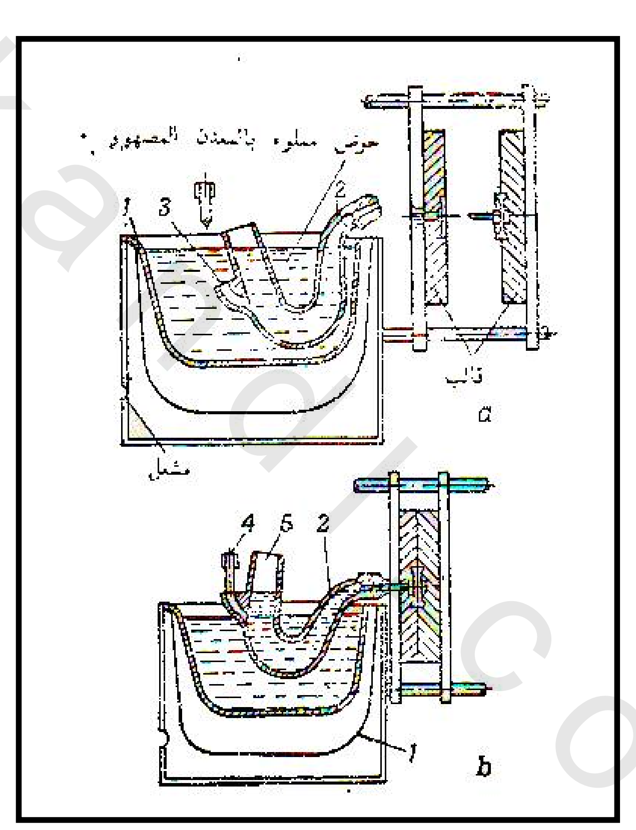


شكل رقم 117 ، ماكينة مكبسية تحت الضغط بغرفة ساخنة للضغط

ماكينات بكباس للهواء بغرفة متحركة للضغط:

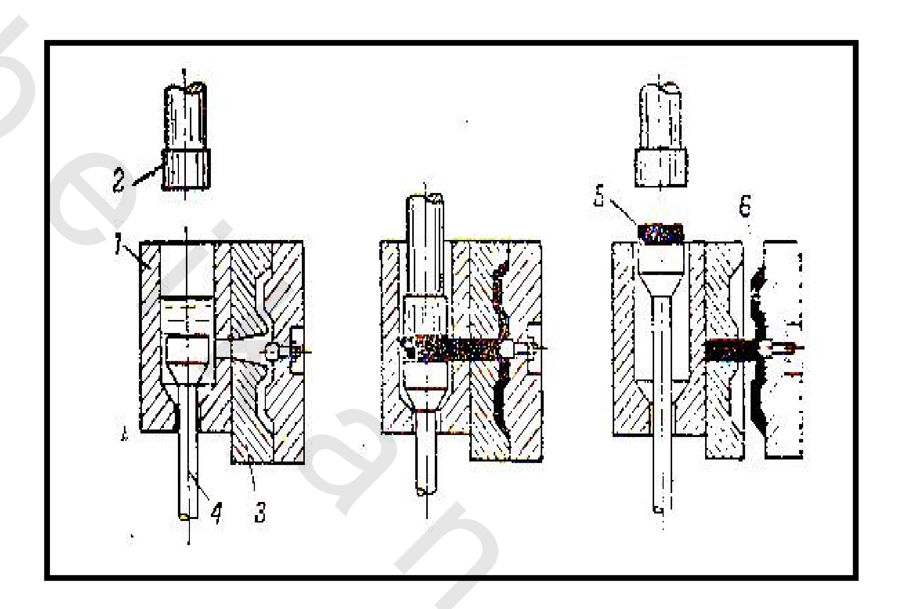
و تستخدم للحصول على المسبوكات من سبائك الالومنيوم والماغنسيوم (شكل 118) حيث تعمل بهواء مضغوط من 10 – 100 ض. جـ، فبالحمام الزهر 1 توجد غرفة الضغط المتحركة المنحنية بشكل عنق الاوزة 2، ويدخل المعدن السائل الى الغرفة خلال الفتحة 3

ويتخذ بها نفس مستوى المعدن بالحرارة فى الوضع المبين بشكل (118، a) و عند تشغيل تركيبة التشغيل تتحرك الغرفة 2 الى الوضع المبين بشكل (118، b) ويلتصق طرفها بفوهة قناة التغذية لقالب السباكة المغلق، و فى نفس الوقت تغلق الفتحة 3 بواسطة الابرة الثابتة 4،وبدخول الهواء المضغوط الى الغرفة خلال الفتحة 5 فانه يطرد المعدن المنصهر منها ويدفعه فى قالب السباكة . وبعد اخراج المسبوكة ونفخ القالب تعاد العملية، ويقوم بخدمة الماكينة شخص واحد،وتصل انتاجيتها الى50–500صبة فى الساعة



شكل رقم 118، ماكينة بكباس للهواء تحت الضغط بغرفة متحركة للضغط

و تقعد درجة الانصهار العالية للسبائك النحاسية و غيرها للسباكة تحت الضغط . وفى هذه الحالة تستعمل الماكينات المكبسية ذات غرفة الضغط الباردة، وتعمل بمبدأ ضغط المعدن السائل . و مبدأ عمل هذه الماكينات مبين بشكل (119) .



شكل رقم 119 ، رسم تخطيطى لتركيب و عمل الماكينة المكبسية للسباكة تحت ضغط بغرفة الضغط الباردة

و يدخل المعدن السائل الذى يصهر خارج الماكينة الى غرفة الضغط 1 بواسطة بودقة عيار، و يكبس المعدن بواسطة المكبس 2 المدفوع هيدروليكيا فى القالب 3 خلال قناة، و يبقى المعدن الزائد فوق المكبس السفلى 4، ثم يرفع المكبس 2 الى وضعه العلوى و يقص المعدن المتبقى 5 من المصب بتحريك المكبس السفلى 4و يخرج من الغرفة .

بعد ذلك يفتح القالب 3 و تخرج منه المسبوكة 6 . و بعد القالب تكرر العملية، و يصل الضغط فى هذه الماكينة الى 100 – 1000 ض. جـ، وقد تصل انتاجيتها الى 500 صبة فى الساعة .

4- السباكة المضبوطة بواسطة النماذج المنصهرة :

تستعمل طريقة السباكة المضبوطة بواسطة النماذج المنصهرة لانتاج المسبوكات الصغيرة من اى سبائك على شكل اجزاء تامة الصنع، (اجزاء او الآت) بدقة لا تقل عن الدرجة الخامسة للدقة حسب المواصفات القياسية السوفييتية دون استعمال اى تشغيل ميكانيكيى لها بعد ذلك .

و تتكون تكنولوجيا انتاج المسبوكات بالطريقة المذكورة من المراحل التالية :

1) تجهيز نموذج قياسى للجزء .

2) تجهيز اسطمبات لسبائك النماذج الشمعية .

3) سبك النماذج الشمعية .

4) تجهيز قوالب السباكة باستعمال النماذج الشمعية .

5) صهر الشمع بالقالب و تحميصه .

6) صب المعدن السائل فى القوالب .

7) اخراج المسبوكة من القالب و تنظيفها .

ويصنع النموذج القياسى للمسبوكة من الصلب اوالسبائك النحاسية بالتشغيل الميكانيكي الدقيق مع اعتبار انكماش السبيكة التى ستصنع منها المسبوكات الدقيقة.

وتصنع طبقا للنموذج القياسى للمسبوكة من الصلب او من السبائك النحاسية بالتشغيل الميكانيكى الدقيق مع اعتبار انكماش السبيكة التى ستصنع منها المسبوكات الدقيقة .

و تصنع طبقا للنموذج القياسى قوالب من السبائك الخفيفة لكبس النماذج الشمعية ، و يجرى سبك النماذج الشمعية فى هذه القوالب من سبيكة شمعية منصهرة بنفس الطريقة التى تسبك بها المعادن تحت الضغط، و تتكون السبيكة الشمعية المستعملة لتجهيز النماذج عادة من بدائل الشمع الطبيعى كالسيرزين و الستيارين والبارافين و غيرها ، و يجب ان يكون النموذج الشمعى ذا سطح نظيف وناعم دون فجوات او خدوش او اى عيوب اخرى .

و تكون من النماذج الصغيرة كتلة واحدة بتوصيلها بنظام موحد للصب من الشمع، و تطلى كتلة النماذج الشمعية هذه بغمرها فى محلول من المارشليت و كمية صغيرة من الزجاج السائل، ثم يرش سطح كتلة النماذج بمسحوق من الكورندوم او الكوارتز المحمص عند درجة $400 - 500^{o}$، لتحسين تماسها مع رمل القالب ثم تجفف عند درجة 20^{o} تقريبا لمدة 5 – 6 ساعات .

ثم تختم كتلة النماذج مع نظام الصب فى ريزق بحيث يمكن دخول المعدن الى نظام الصب، وعادة يجرى الختم بالهز على ماكينات الهز الخاصة (دون افساد كتلة النماذج) و يستعمل للختم رمل كوارتزى يضاف اليه الزجاج السائل، او خليط من الرمل الكوارتزى مع اضافة من الطين الحرارى بنسبة5 – 6 ٪، ويجفف القالب المجهز عند درجة 20^{o} تقريبا لمدة 2 – 3 ساعات، و تجرى اوالة النماذج الشمعية (صهرها) من القالب فى الفرن عند درجة $100 - 120^{o}$ على

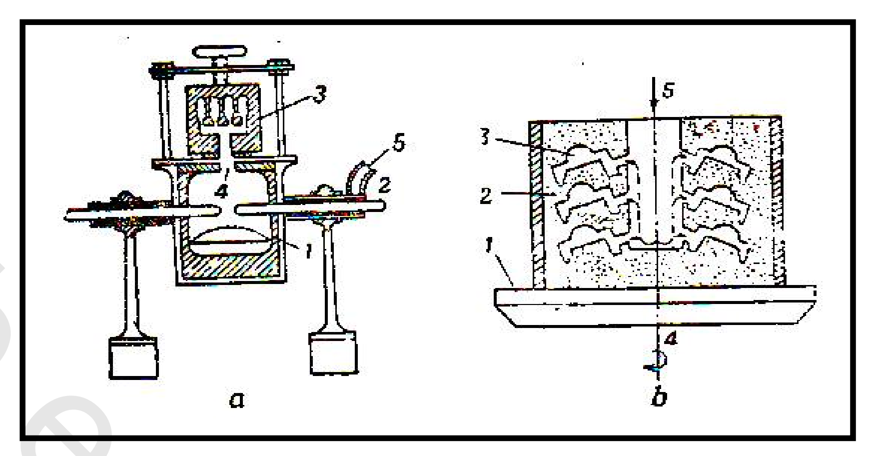
صاجات، و لازالة النماذج تماما يبقى القالب فى فرن لافع (موفل) عند درجة 150 ° لمدة 1.5 – 2 ساعة، و بعد ذلك يحمص القالب فى نفس الفرن عند درجة 800 – 850 ° .

و يجرى صهر السبائك لصبها فى القوالب فى افران كهربائية – قوسية او حثية او بالمقاومة و ذلك حسب نوع السبيكة .

و يعطى صب المعدن فى القالب تحت ضغط من 2 – 5 ض. جـ او بطريقة الطرد المركزى افضل النتائج من ناحية الدقة .

و بشكل (120 ، a) رسم تخطيطى لفرن كهربائى 1 يدور على محاور، و بالفرن اقطاب افقية 2، و يثبت القالب 3 المحمص الساخن الى غطاء الفرن بعد انصهار المعدن بحيث ينطبق قدح المصب على الفوهة 4 بغطاء الفرن .

و يفصل التيار و يدار الفرن بالقالب المثبت عليه 180 ° .
و يرسل الهواء المضغوط من الشبكة 5 خلال المحور المجوف فيمتلأ القالب بالمعدن السائل تحت ضغطه، و تستعمل نفس هذه الطريقة لملء القوالب عند صهر المعدن بالافران الحثية او افران المقاومة، وبعد تجمد المسبوكات يرفع القالب عن الفرن .



شكل رقم 120 ، رسم تخطيطى للحصول على المسبوكات الدقيقة :

a- صب كتلة القوالب بالمعدن من الفرن مباشرة تحت الضغط .

b- صب كتلة القوالب بطريقة الطرد المركزى .

و بشكل (120، b) بينا صب كتلة من القوالب المجهزة بواسطة النماذج الشمعية بطريقة الطرد المركزى، فيثبت الريزق المحمص 2، و به كتلة النماذج 3 على المائدة الدائرة 1 لماكينة الطرد المركزى (السنترفوجة) بحيث ينكبق محور دوران الماكينة الرأسى 4 على محور دوران القوالب و المصب الاوسط 5، و بعد تبريد القالب تخرج منه المسبوكات و تخلص من المصبات و تنظف .

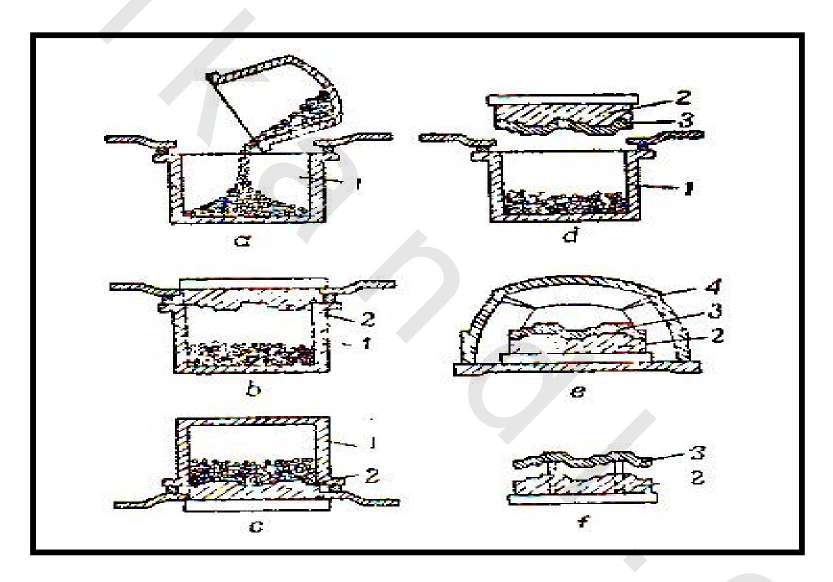
5- **السباكة فى قوالب قشرية** :

عند سباكة المعادن لا يسخن من الرمل الا الطبقة الرقيقة الملامسة للمسبوكة، اى ان باقى الرمل بالقالب لا يشارك فى عملية السباكة، و قد روعيت هذه الحقيقة فى الطريقة الحديثة للحصول على مسبوكات بصبها فى قوالب رقيقة الجدران على شكل قشرة من خليط خاص للسباكة يتكون من الرمل الكوارتزى الناعم مع اضافة من البكاليت (صمغ صناعى) بنسبة 5 – 6 ٪ .

و لخليط السباكة المذكور خاصية القابلية للتحميص و تكوين قشرة عند تلامسه كع سطح نموذج معدنى مسخن، وهذه القشرة ذات انفاذية جيدة للغازات .

و يتلخص تجهيز القالب بالطريقة المذكورة فى تجهيز قشرتين من الخليط المذكور لنصفى القالب ثم تجمعيهما لتكوين القالب .

و بشكل (121) رسم تخطيطي لتجهيز القالب القشرى وماكينة تجهيز هذه القوالب عبارة عن خزان معدنى يدور حول محور افقى .



شكل رقم 121 ، رسم تخطيطى للحصول على القوالب القشرية :

a- صب رمل السباكة فى خزان الماكينة .

b- وضع لوحة النموذج الساخنة على خزان الماكينة .c - عملية القلب.

d- لوحة النموذج بعد قلبها مع القشرة المتكونة عليها من خزان الماكينة .

e- تحميص القشرة فى الفرن .

f- نزع القشرة المحمصة .

1- خزان الماكينة . 2- لوحة النموذج . 3- القشرة . 4- فرن التحميص .

و ينثر خليط من السباكة فى خزان الماكينة (فى الوضع a) ثم تثبت من اعلى لوحة النموذج المعدنية المسخنة الى درجة 150 – 200 º يحبث تكون نماذجها موجهة الى داخل خزان الماكينة (الوضع b) .

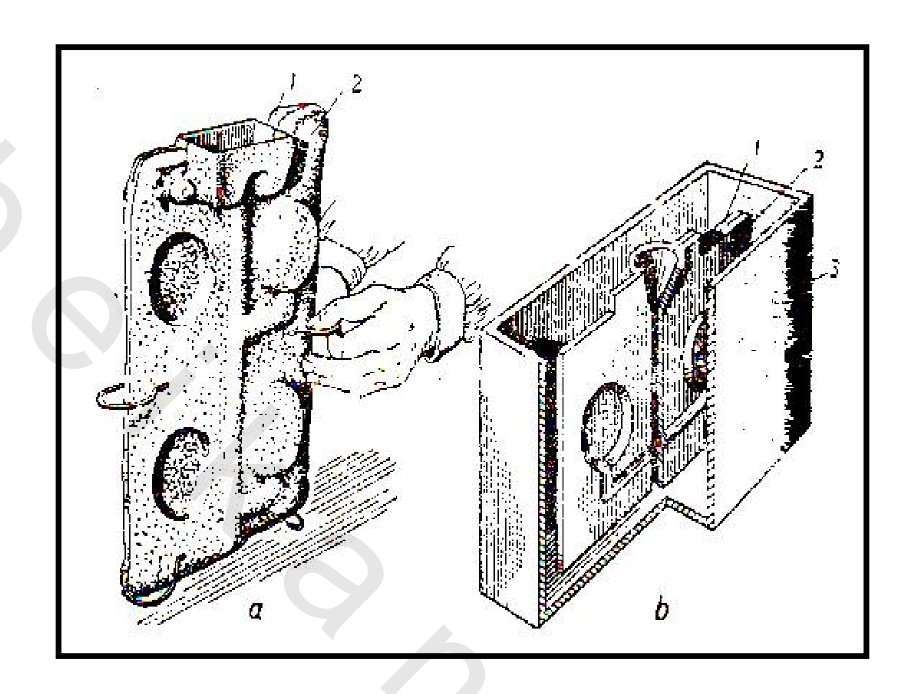
ثم يدار الخزان بلوحة النموذج و الخليط المسبكى 180 º و يبقى فى هذا الوضع لمدة 15 – 20 º ثانية (الوضع c)، و فى هذه المدة تتكون على سطح النماذج قشرة رقيقة من الخليط المسبكى سمكها 6 – 10 مم، و تبقى عليها بعد ادارة الخزان الى وضعه الاول (الوضع d)، و تنزع اللوحة مع القشرة المتكونة عليها عن الخزان و توضع فى فرن للتحميص (الوضع c) حيث تبقى لمدة 30 – 40 ثانية عند درجة 250 – 300 º و به تسوى القشرة و تزداد متانتها و تنزع القشرة المسواة عن لوحة النموذج بواسطة الدسر (الوضع f) و ترسل لتجميع قالب السباكة .

و يجهز قالب السباكة من قشرتين تثبتان معا برباطات (شكل 122 ، a) و يوضع رأسيا فى صندوق معدنى استعدادا للصب (شكل 122 ، b) و يملأ الفراغ بين جدران الصندوق و القشرة بكسر الزهر وذلك لتجنب تحطم القالب القشرى تحت تأثير ضغط المعدن السائل .

و يمكن فى القوالب القشرية سباكة الزهر و الصلب و المعادن غير الحديدية، ولا تقل دقة المسبوكات المنتجة بهذه الطريقة عن دقة المسبوكات المنتجة بواسطة النماذج المنصهرة (0.2 – 0.5 مم على طول 100 مم) و يكون سطح المسبوكات الناتجة نظيفا لدرجة يمكن معها الاستغناء عن التشغيل الميكانيكى للاجزاء بعد ذلك .

و تكنولوجيا انتاج القوالب القشرية بسيطة جدا و يمكن مكننتها باستعمال معدات غير معقدة، و طريقة انتاج المسبوكات فى

قوالب قشرية طريقة متطورة ذات امكانيات واسعة للتطبيق فى الانتاج المسبكى .



شكل رقم 122 ، وضع القالب القشرى فى صندوق للصب و ملئه بالكسر :
a – 1 ، 2 – نصفى القالب القشرى المجمع مربوطان برباطات .
b – القالب القشرى المجمع الموضوع بالصندوق المعدنى 3

6- السباكة المستمرة (الدلفنة) لالواح من الزهر :

تتلخص طريقة نيكولاينكوف و اوليتوفسكى لانتاج الواح من الزهر فيما يلى (شكل 123) :

يمر زهر سائل تركيبه كتركيب الزهر الطريق من فرن الدست فى قناة تغذية ذات مصب عريض الى الفرجة بين درفيلين دائرين لماكينة، و ينساب الزهر السائل بين الدرفيلين على طول المماس لهما ،

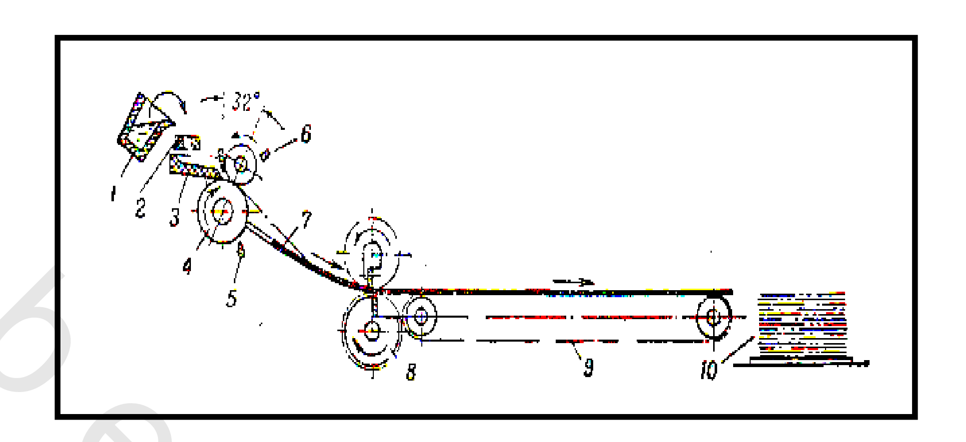
وعند مرور الزهر فى الفرجة يتجمد لتلامسه مع السطح البارد للدرفيلين على شكل لوح عريض (شريط) يمكن تغيير سمكه بتغيير المسافة بين سطحى الدرفيلين فى الحدود من 06 – 1.2 مم .

و يقطع لوح المعدن الخارج من منطقة الدرافيل مباشرة اثناء حركته و هو فى حالة التوهج بلون احمر فاتح (1000^{o}م) بواسطة مقصات الى الواح مستطيلة متساوية ابعادها 700 × 500 مم .

و ترص الواح الزهر الابيض الناتجة بهذه الطريقة فى مجموعات من 18 – 20 لوحا تعامل بالتلدين بالنظام التالى :

تسخين بطئ (ساعتان) حتى 950 – 1000 ^{o} ثم الابقاء لمدة ساعتين، والتبريد

حتى 700 – 650 ^{o} لمدة 4 ساعات، ثم اتمام التبريد فى الهواء . و تتحول الواه الزهر الابيض نتيجة للتلدين الى زهر طريق ذى اساس معدنى فيريتى و احتواءات من كربون التلدين و الخواص الكيميائية لالواح الزهر بعد تلدينها كخواص الزهر الفيريتى الطريق، و هذا الزهر يمكن ثنيه و ثقبه بمسمار كما انه يتشكل فى الاسطمبة.



شكل رقم 123 ، رسم تخطيطى للسباكة المستمرة لالواح الزهر :

1- بودقة بها زهر سائل .

2- قمع الصب .

3- قناة (المغذى) .

4- درفيلان .

5 ، 6 – مكشطتان تنظيف الدرفيلين .

7- مستوى مائل .

8 - مقص .

9- ناقل .

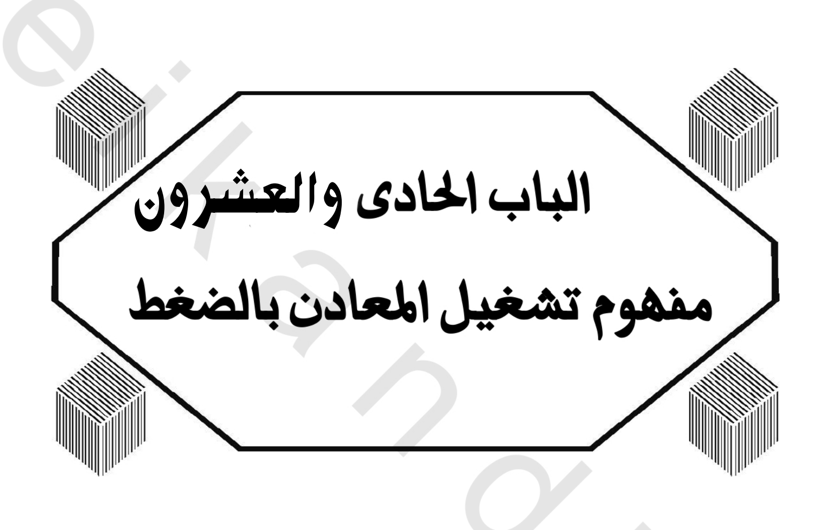
10 - مجموعة من الالواح .



القسم الرابع

تشغيل المعادن بالضغط





الباب الحادى والعشرون

مفهوم تشغيل المعادن بالضغط



من الطرق المتطورة لتشغيل المعادن فى الصناعات الميكانيكية العامة و الخاصة تستعمل على نطاق واسع طريقة تشغيل المعادن بالضغط، و تجرى على الساخن و البارد و تعتمد الطرق المختلفة لتشغيل المعادن بالضغط، و تجرى خواصها اللدينية، اى على قدرتها على تغيير ابعادها و شكلها تحت تأثير القوى الخارجية المؤثرة عليها دون ان تتحطم، مع احتفاظها بالشكل الذى اكتسبته بعد ازالة القوى الخارجية، و عند تشغيل المعادن بالضغط تتغير كذلك خواصها الميكانيكية و بنيتها ومن الانواع الرئيسية لتشغيل المعادن بالضغط : الدلفنة، سحب الاسلاك، الطرق و الكبس و البثق .

1) الدلفنة (الدرفلة) :

و هى عملية ضغط المعدن بين الاسطوانتين الدائرتين (الدلفينين) لماكينة الدلفنة .

2) سحب الاسلاك :

و يتلخص فى سحب الخامة (قضيب او سلك) خلال الفتحة المطلوبة للوحة السحب .

3) الطرق و الكبس :

و تجرى باستعمال المطارق و المكابس، فاذا كان الطرق يجرى بين سطحين مستويين يسمى بالطرق الحر، اما اذا كان يجرى باستعمال تجهيزات خاصة (قوالب الكبس او الاسطمبات) يسمى بالكبس فى الاسطمبات و الكبس فى الاسطمبات يمكن ان يكون فراغيا او مستويا . ففى الحالة الاولى تكون الخامة عبارة عن قضيب او مسبوكة و فى الحالة الثانية عبارة عن لوح .

4) **البثق :**

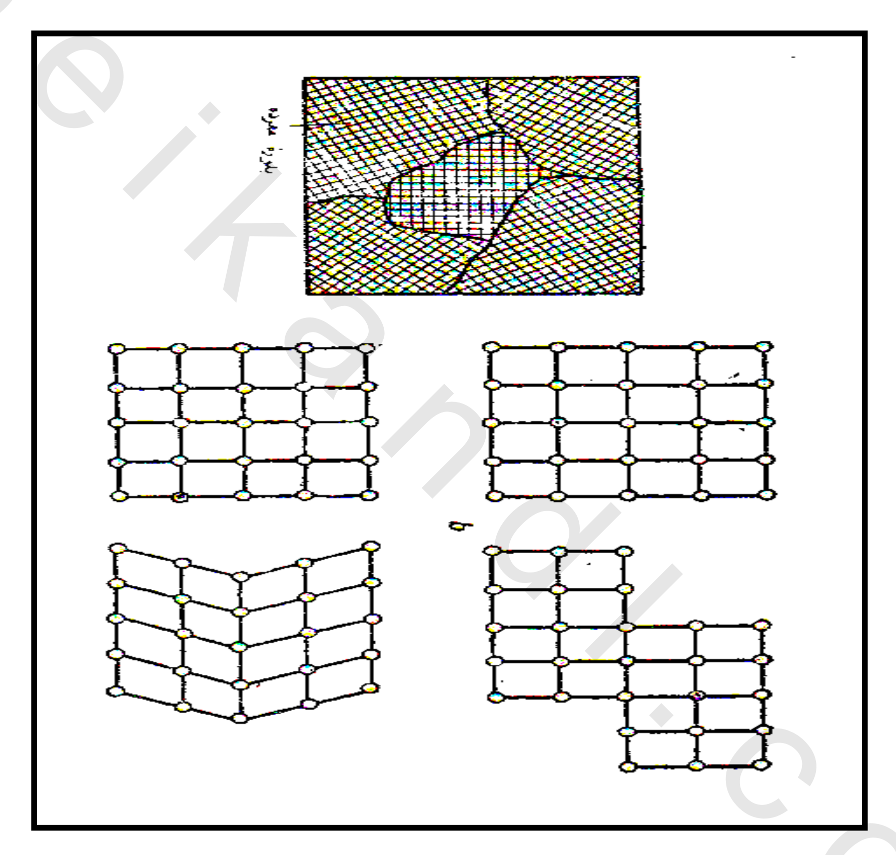
و يتلخص فى ضغط المعدن الموجود بقالب مغلق حتى يبثق من فتحة خاصة به و تنتج بالبثق المواسير و القضبان من المعادن و السبائك المختلفة .

و دلفنة و طرق و كبس المعادن فىالاسطمبات ذات اهمية كبيرة فى الصناعات الميكانيكية الحديثة و لتحسين عملية تشغيل المعادن بالضغط يستعمل الكبس فى اسطمبات على الساخن بدلا من الطرق الحر بقدر الامكان، و يمكن تحقيق هذا بتطوير انتاج المعدات اللازمة لذلك، و يزداد استعمال الكبس على الساخن فى اسطمبات لصناعة اجزاء اكبر و اثقل و هى اكثر الاجزاء صعوبة فى التشغيل بالضغط فى ورش الحدادة و قد بدء اخيرا فى استعمال المعادن المدلفنة ذات المقطع الدروى و المقطع المتغير على نطاق واسع مما يسهل كثيرا من تصميمات الاسطمبات و يقلل صعوبة العملية و ينقص استهلاك المعدن من 15 – 20 ٪ .

1- **مقتطفات من نظرية التشكل اللدينى للاجسام** :

يعتبر المعدن فى الحالة الصلبة كما هو معلوم جسما كثير البلورات (شكل 124 ، a) اى جسما يتكون من عدد كبير من الحبيبات ذات الشكل الهندسى غير المنتظم التى تسمى بالبلورات المنفردة (مونوكريستال) و لتشكل المعدن لدينيا يعرض لاجهاد يزيد على حد المرونة و يقل عن المقاومة القصوى و يمكن تصور التشكل كمجموع التشكل اللدينى للبلورات المنفردة و تكون التشكل اللدينى للبلورة المفردة اساسا نتيجة لازلاق مجموعة من الشبكات البلورية بالنسبة للاخرى . (شكل 124 ، b) و يحدث الانزلاق بصفة اساسية فى اكثر المستويات ازدحاما بالذرات و تكون ظاهرة الانزلاق مصحوبة

فى الاعادة بازدواج ميكانيكي (شكل 124 ، c) و به يدور جزء من البلورة الوحيدة الو وضع متماثل مع وضع الجزء الاخر و بزيادة درجة التشكل تدور الحبيبات و تتكسر و تمتد اجزاؤها باتجاه التشكل مكونة بنية ليفية و هكذا فان التشكل اللدينى للمعدن يكون مصحوبا بصغر حبيباته ويعتبر التشكل اللدينى للمعدن فى الحالة الباردة من خواصه الميكانيكية

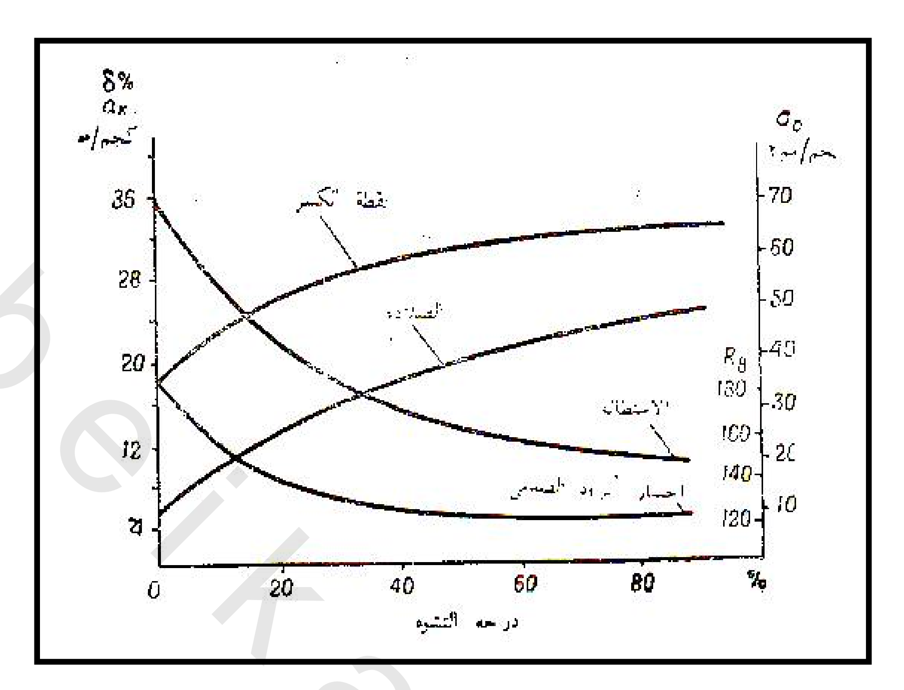


شكل رقم 124 ، التشكل التلدينى لجسم كثير البلورات :

a- **جسم كثير البلورات .**

b- **شكل تقليل للانزلاق .**

c- **شكل تخطيطى للتثنية (twinning) .**



شكل رقم 125 ، تغير الخواص الميكانيكية للصلب (2 ٪ C) عند معاملته بالضغط على البارد .

و الطبيعية – الميكانيكية تغييرا كبيرا فتزداد مقاومته وصلادته و تنخفض استطالته النسبية و مقاومته للصدمات (شكل125) كما تنخفض مقاومته للصدأ و توصيله للكهرباء .

ويسمى تغير خواص المعدن المتشكل على البارد بالتقوية بالتشكيل على البارد ، و عند عدم كفاية درجة التشكل تكون هذه التقوية سطحية ، و يكون المعدن المشكل على البارد فى حالة غير مستقرة نظرا لتشوه الشبكات البلورية ، و لهذا فهو يميل الى الوصول الى حالة اكثر استقرارا و تسمى هذه الظاهرة التى تؤدى الى زوال المتانة المكتسبة بالعودة او الترييح، و لكن العودة تحدث ببطء شديد ، و تلعب اعادة التبلور الدور الاساسى فى زوال المتانة المكتسبة ، و تتلخص ظاهرة

اعادة التبلور فى ظهور مراكز للتبلور فى المعدن المشكل تنشأ و تنمو حولها الحبيبات الجديدة من انقاض الحبيبات المشكلة، فيتخذ المعدن بنية متساوية المحاور غير موجهة يمكن تشكيلها اكثر . و حسب معلومات الاكاديمى بوشفرفان درجة اعادة التبلور المطلقة للمعادن النقية تقدر بنحو 0.4 من درجة الانصهار المطلقة .

اى أن :

T^{o} المطلقة لاعادة التبلور = T المطلقة للانصهار 0.4

و تجرى اعادة التبلور للحبيبات المحطمة وزيادة حجمها عند درجة اعادة التبلوربطء شديد و تزدادسرعة هذه العملية برفع درجة التسخين، و يؤثر مقدار التشكل السابق على سرعة نمو الحبيبات المشكلة تأثيرا كبيرا فتنمو الحبيبات نموا ضئيلا اذا كانت درجة التشكل عالية و يحدث اكبر نمو للحبيبات عند درجة معينة حرجة للتشكل .

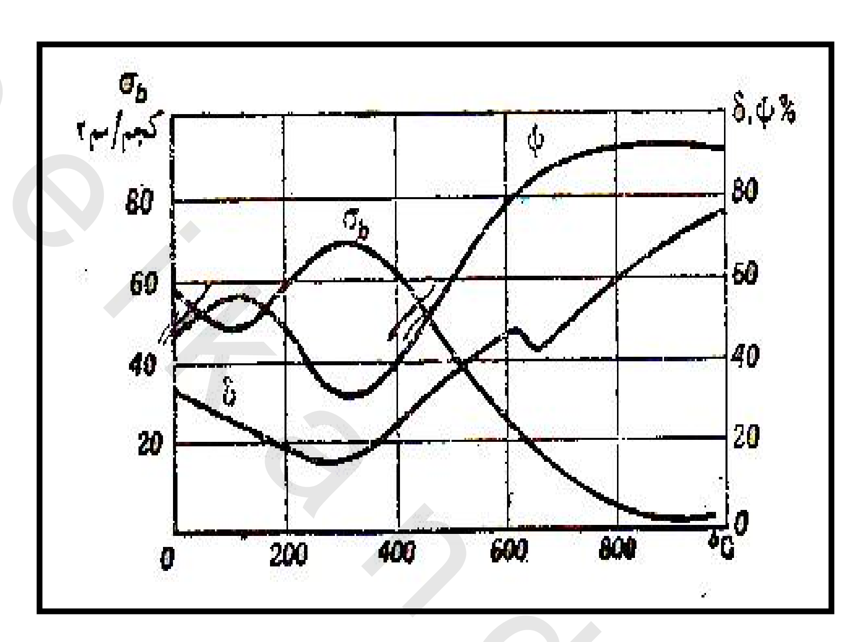
و يسمى التشغيل بالضغط وبه لا تحدث عملية اعادة التبلور و تكون بنية المعدن مقواة – باسم التشغيل على البارد، و يسبب تسخين المعدن المشكل على البارد و ابقاؤه عند درجة حرارة اعلى بقليل من درجة اعادة التبلور تكون بنية متماثلة المحاور عديمة التوجيه لا اثر بها للمتانة المكتسبة، و تسمى هذه المعاملة الحرارية بالتلدين باعادة التبلور، فاذا كان التشغيل بالضغط يتم عند درجة حرارة اعلى من درجة حرارة التبلور فان عمليتى تحطم الحبيبات و اعادة التبلور تحدثان فى وقت واحد، و بعد هذا التشغيل نحصل فى المعدن على اعادة لتبلور البنية دون اثر لزيادة المتانة، و تسمى العملية المذكورة بالتشغيل على الساخن، و يؤدى تشغيل المعدن المصبوب بالضغط على الساخن مع درجة كافية من

التشكل الى تحسين بنيته و خواصه الكيميائية . و تزداد كثافة المعدن فى عملية التشغيل و يصبح اكثر تماثلا كيميائيا (نتيجة للانتشار) و تصبح بنيته صيرة الحبيبات، ومع ذلك فلتشغيل المعادن على الساخن عيب هام، و هو وجود البنية الليفية وما ينتج عنه من اختلاف خواص المعدن الميكانيكية بطول الالياف و عرضها . ويساعد على تكوين البنية الليفية الشوائب غير المعدنية بالمعدن . و توجد هذه الشوائب (الكبريت و الفوسفور و غيرهما) بالمعدن المسبوك على حدود الحبيبات، و تستطيل اثناء عملية التشكل مكونة طبقات تجرى فيما بينها اعادة تبلور الحبيبات المتشكلة مما ينتج عنه بنية طبقية، و فى هذه الحالة لا يمكن اصلاح البنية الليفية الا بالمعاملة الحرارية ولا بالتشغيل بالضغط فيما بعد .

2- **النظام الحرارى عند التشغيل بالضغط على الساخن** :

يجب تسخين المعدن قبل التشغيل الى درجة حرارة معينة لزيادة لدونته و تقليل الشغل المبذول لتشكيله، وبشكل (126) رسم بيانى يبين تغير الخواص الميكانيكية للصلب تبعا لدرجة الحرارة التى يسخن لها و من المنحنيات المبينة نرى ان نقطة الكسر (المقاومة القصوى) تصل الى حد اقصى عند درجة حرارة 300^{o} تقريبا فى حين تصل الاستطالة النسبية δ٪ و نقص المساحة φ٪ الى حد ادنى، و يصبح الصلب عند هذه الدرجة قصفا و يفقد لدونته (ظاهرة التقصف عند اللون النيلى للتوهج) و بزيادة درجة التسخين اعلى من 300^{o} تنقص مقاومة الصلب بشدة و ترتفع خواصه اللدينة، وتتمثل فى قيم δ٪ و φ٪.ولكن درجات الحرارة المرتفعة تساعد على نمو الحبيبات الشديد و يمكن ان تؤدى الى ظاهرة تجاوز التسخين او حتى الى احتراق المعدن وهو ما يستحيل

اصلاحه . و لهذا فمن الضرورى عند تشغيل المعادن على الساخن تحديد اعلى درجة تسخين اليها بدقة و يجب انهاء التشغيل بالضغط عند درجة حرارة معينة و يؤدى تجاوزها الى ظهور نسبة كبيرة الحبيبات و الى انخفاض الخواص الميكانيكية .



شكل رقم 126 ، تأثير درجة التسخين على الخواص الميكانيكية للصلب

و يؤدى التشغيل عند درجة اقل منها الى حدوث التشغيل على البارد، و هكذا نرى انه من الضرورى عند التشغيل بالضغط على الساخن ان نعرف مدى درجات حرارة التشغيل الذى تحده من اسفل و من اعلى .

و قد كان العالم تشرنوف اول من لفت الانظار الى اهمية مدى درجات حرارة التشغيل، و بجدول (18) اوردنا قيم مدى درجات حرارة التشغيل لتشغيل السبائك المختلفة بالضغط على الساخن .

و يجب ان يجرى تسخين المعدن الى الدرجة المعطاة فى مدة معينى اذ ان الحصول على بنية متماثلة و تسخين متساو لكل حجم الخامة و اقل تأكسد ممكن للمعدن و غير ذلك يتوقف على النظام الصحيح لتسخين الخامة . و يختلف توصيل انواع الصلب المختلفة للحرارة لاختلاف تركيبها الكيميائي، فعلى سبيل المثال ينخفض توصيل الصلب للحرارة بزيادة نسبة الكربون و الاضافات السبكية به، و لهذا يجب زيادة مدة تسخينه كذلك يؤثر شكل الخامة و ابعادها على التسخين فكلما كانت الابعاد اكبر و الشكل اعقد كلما وجبت زيادة مدة التسخين .

جدول (18)

مدى درجات حرارة طرق الصلب و السبائك غير الحديدية

اسم السبيكة	مدى درجات الحرارة، ^{o}م	
	الحد الاعلى	الحد الادنى
الصلب الكربونى	1000 – 1200	850 – 800
الصلب السبائكى	1100 – 1150	900 – 825
البرونز	850	700
النحاس الاصفر	750	600
سبائك الالومنيوم	47 – 49	400 – 350
سبائك الماغنسيوم	370 – 430	350 – 300

كما تؤثر درجة حرارة الفرن عند شحن المعدن تأثيرا اساسيا على نظام التسخين ،و فى هذا المقام يجب ان نذكر ان مرور المعدن المسخن بالنقط الحرجة (Ac1,Ac3) تصحبه تغيرات فى الحجم وامتصاص للحرارة مما قد يؤدى الى ظهور الشقوق و تشويش سلامة المعدن، و لذا يجب ان يجرى التسخين عند المرور بالنقط الحرجة ببطء،

و يجب مراعاة هذه الحقيقة خاصة عند تسخين الصلب العالى السبيكية و القطع الكبيرة الابعاد .

و بعد تجاوز النقط الحرجة يجب على العكس ان يجرى التسخين باقصى سرعة ممكنة لتقليل ما يفقد بالتأكسد و بانخفاض نسبة الكربون بالمعدن (الصلب)، و يمكن حساب الوقت التقريبى لتسخين الخامات الباردة من الصلب الكربونى و الصلب السبيكى و المسبوكات باستعمال المعادلة التقريبية للبروفيسور دبرجوتوف

$$Z = \alpha \cdot K D \sqrt{D}$$

حيث : Z - زمن التسخين بالساعات .

D - قطر الخامة بالمترات .

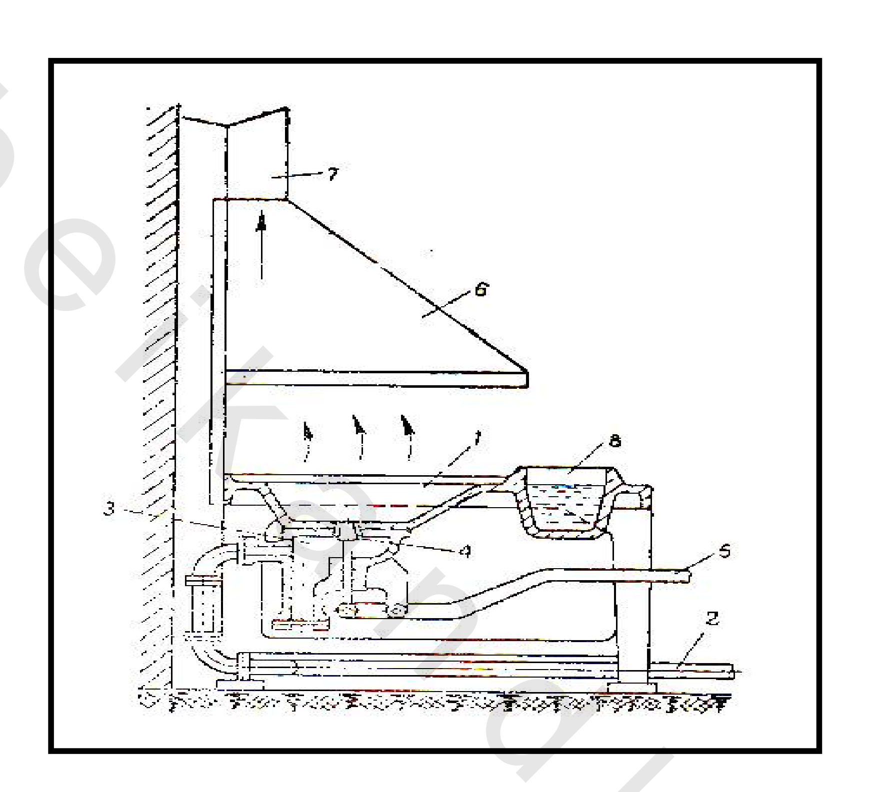
K - ثابت يساوى 10 للصلب الكربونى و 20 للسبائكى.

α - معامل يتوقف على طريقة وضع الخامات بالفرن .

3- **معدات التسخين** :

يتم تسخين المعدن فى الكور او فى الافران اللهبية او الكهربائية ، و يستعمل الكور للتسخين عند الحدادة اليدوية فقط، وبشكل (127) رسم يبين تركيب كور الحدادة و يجرى احتراق الوقود و تسخين المعدن بالقعر 1 ، و تتم تغذية الهواء اللازم للاحتراق بواسطة ماسورة الهواء 2 الى صندزق الهواء 3 و منها الى القعر خلال قصبة الهواء 4 (توبير)، و يمكن التحكم فى تغذية الهواء بواسطة الذراع 5، و تتجمع نواتج الاحتراق فى الطاقية 6 و تصعد منها الى المدخنة 7 و يستعمل حوض الماء 8 لتبريد الادوات و غير ذلك .

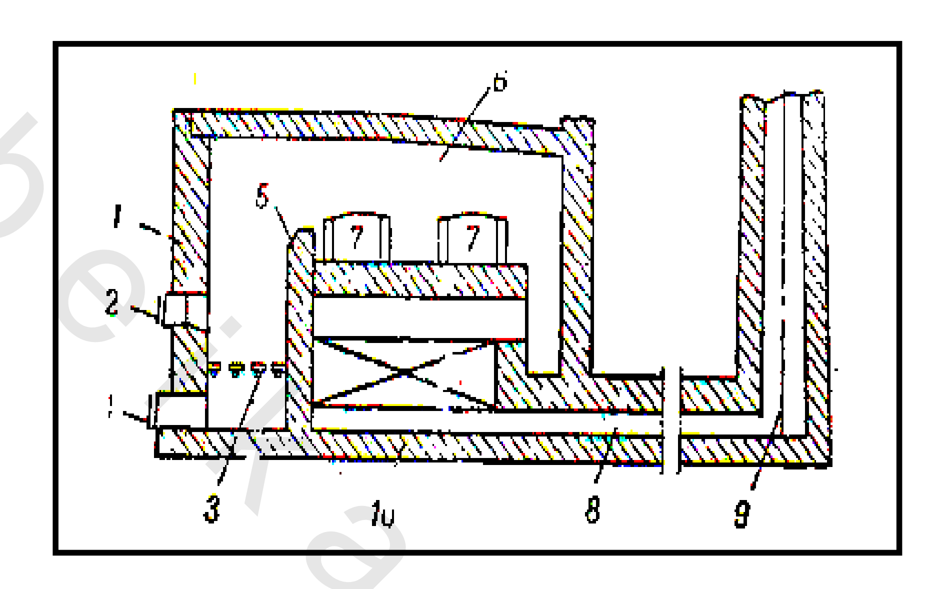
و من عيوب الكور التسخين الغير متساوى للخامات، و النسبة العالية لاحتراق المعدن و تتراوح من 2 – 10 ٪ فى كل مرة يسخن فيها، و المردود المنخفض و يبلغ 3 – 5 ٪ و الكور قد يكون ثابتا او متنقلا .



شكل رقم 127 ، كور الحدادة

و تسخن الغالبية العظمى من المواد المشغلة بالحدادة فى الافران اللهبيـة ة تنقسم حسب نوع الوقود المستخدم الى افران تشغل بالوقود الصلب او السائل او الغازى، و يمكن ان تكون هذه الافران غرفية او تدريجية ، بالافران الغرفية تكون درجة الحرارة بكل الفراغ العامل متساوية تقريبا ، اما فى الافران التدريجية فان درجة حرارة الفراغ العامل محختلفة حسب طول الفرن، و تزيد من مكان الشحن الى مكان

الاخـراج، و بشـكـل (128) اوردنـا رسمـل لفـرن غرفـى لهبـى يعمـل بالوقود الصلب .



شكل رقم 128 ، فرن لهبى غرقى

و يشـحن الوقـود خـلال البـاب 2 فـى غرفـة الاحـتراق 1 و يوضـع بطبقة متسـاوية على تصبيعة النار 3 و فوقها يحدث الاحتراق، و يغذى الهواء اللازم للاحتراق تحت قضبان الوقود خلال فتحة الهواء 4 . و يرتفـع اللـهب المتكـون الى اعلـى و ينحنـى متخطيـا العتبـة 5 و بـذلك يصـل الى الغرفـة العاملـة للفـرن 6، و بهـا يسـخن الخامـات المشـحونة خـلال شـباك الشحن 7 و جدران و سقف الفرن، و تمـر نـواتج الاحـتراق خـلال ماسـورة الدخان 8 الى المدخنة 9، ومن آن لآخر ينظف الخبث و الرمـاد المتسـاقط خـلال تصـبيعة النـار الى فتحـة الهـواء، و لزيـادة مـردود الفـرن يسـتعمل المسـتعيد 10 و يقـوم بتسـخين الهـواء الـداخل الى الفـرن باسـتعادة بعـض الحرارة الموجودة بنواتج الاحتراق الخارجة من الفرن .

و يرفع المستعيد مردود الفرن بنسبة تصل الى 16 ٪ و تتطلب الافران التى تعمل بالوقود الصلب شحنه باستمرار و تسويته و تقليبه وازالة الرماد ، و العناية بها اعقد و اغلى بكثير من العناية بالافران التى تعمل بالوقود السائل او الغازى .

و يجرى اشعال الوقود السائل فى الافران باستعمال فونيات تقوم بتذرير الوقود و خلطه بالهواء، و تستعمل عند استعمال الوقود الغازى المشاعل الغازية التى تقوم بتكوين الخليط المحترق و اشعاله فى الفرن .

وتعتبر انفاق التسخين المستعملة لتسخين الصبب الضخمة التى تصل من ورشة صهر الصلب و هى ما تزال ساخنة – تعتبر من انواع الافارن الغرفية . و فى هذه الانفاق تجرة تسوية درجات الحرارة للجزء الاوسط و الاجزاء الخارجية منه و تسخن الانفاق الحديثة بالغاز .

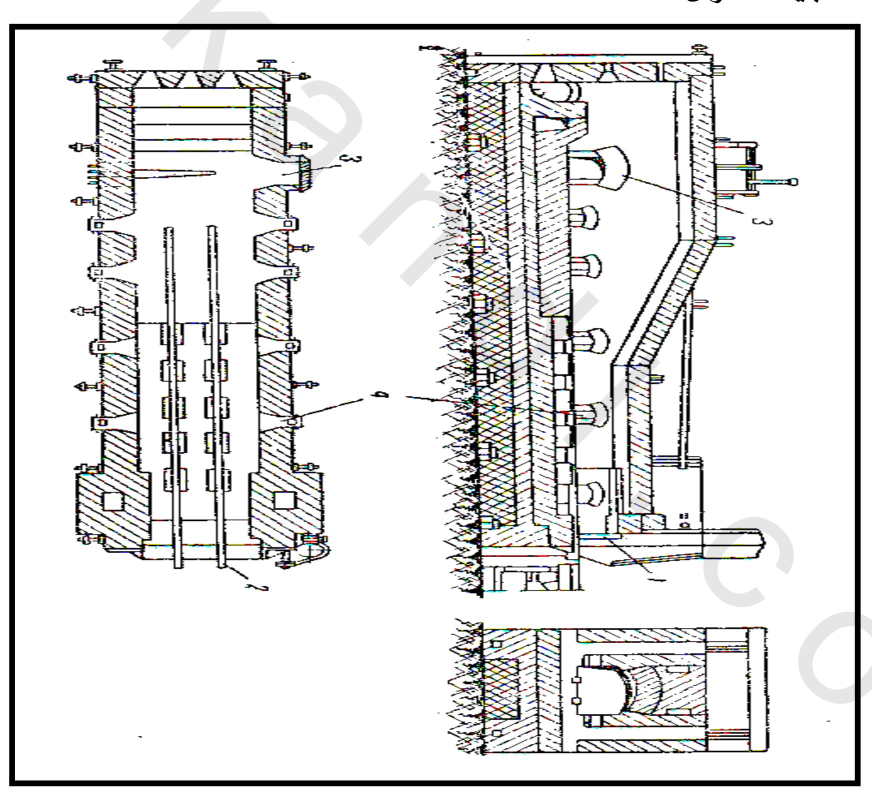
و عند تسخين صبب الصلب بالغاز تستعمل الافران التدريجية التى تضمن تسخين المعدن بالتدريج حتى درجة الحرارة المطلوبة، و بشكل (129) بينا فرنا تدريجيا يعمل بالوقود الغازى و يجرى شحن الخامات او الصبب خلال النافذة 1 بواسطة الدفع الميكانيكى، و تتحرك الخامات الداخلة على قضبان من الصلب المقاوم للحرارة او على مواسير من الصلب 2 يجرى بداخلها الماء، و تسخن الخامات المتحركة بالتدريج حتى تصل فى حركتها الى درجات الحرارة العالية (1100 – 1300°) .

تخرج الخامات المسخنة الى درجة الحرارة المطلوبة خلال النافذة 3، و تراقب الخامات المسخنة من النافذة 4 و تعدل و تقلب عند الحاجة خلال هذه النافذة اذا وقعت من على القضبان، و يجرى اشعال الغاز

بواسطة مشاعل غازية موضوعة فى نهاية الفرن فى مقابل مكان شحن الخامات الباردة او الصبب .

و تزود الافران التدريجية بمسترجع للحرارة مما يرفع من مردودها الى 40٪، وتضبط درجة حرارة التسخين فى الافران باستعمال بيرومترات ضوئية او بيروجرافات، و فى بعض الاحيان يستعمل التحكم الالى فى درجات الحرارة .

و تقدر انتاجية الافران اللهبية بوزن المعدن (بالكجم) المسخن الى درجة التشغيل بالضغط فى الساعة لكل متر2 من قاع الفرن و تصل انتاجية الافران.



شكل 129 ، فرن تدريجى

الى 600 كجم/ ساعة . متر2 . و التدريجية الى 400 كجم/ ساعة.متر2، و عيب الافران اللهبية هو انخفاض نسبة الكربون و الاحتراق الكبير للمعدن و يصل الى 1.5 – 4 ٪ لكل مرة تسخين فيها .

و تستعمل فى الوقت الحاضر بالاضافة الى الافران اللهبية افران المقاومة الكهربائية الغرفية و التدريجية ، و تمتاز هذه الافران بامكان اجراء التسخين دون تأكسد و ذلك بادخال غاز واق فى الفرن العامل، و بالدقة الكبيرة فى التحكم فى درجة الحرارة .

و تستعمل الافران الكهربائية عادة لتسخين المعادن و السبائك الحديدية ، اذ ان تسخين الخامات من الصلب فى الافران الكهربائية يتطلب استهلاك طاقة كهربائية كبيرة . و افضل طرق التسخين الكهربائى هى التسخين بالتلامس و الحث .

التسخين الكهربائى بالتلامس :

و يجرى عادة باستعمال التيار المتقطع و جهاز التسخين بالتلامس عبارة عن محول خافض بعدد من الدرجات كافى لاختيارالنظام المطلوب للتسخين .

و هنا يمر التيار الكهربائى من الاقطاب خلال الخامة المسخنة ، و يستعمل جزء من الحرارة فى تسخين الخامة فى حين يضيع الباقى فى الجو المحيط بها ، و لا يكون التخسين متساوى فى طريقة التلامس الا اذا كان مقطع الخامة واحدا بكل طولها بين القطبين، و لذلك يفضل استخدام هذه الطريقة لتسخين القضبان و المواسير و الشرائط و الالواح و غيرها .

و لما كان التسخين بالتلامس لا يمكن اجراؤه فى غطاء حافظ للحرارة فانه يجب اجراء التسخين بسرعة لتجنب ضياع مقدار كبير من الحرارة و لمنع تأكسد سطح الخامة، و تستعمل لذلك تيار عالى الشدة، و لهذا السبب فان ابعاد الخامات المسخنة تحدد باقل من D (ق) = 75 مم .

التسخين الحثى :

هذه الطريقة للتسخين اكثر تطورا و هى تعتمد على المجال المغناطيسى الذى يتكون عند مرور التيار المتقطع فى ملف واحد، اذ تنشأ فى المعدن الموجود فى هذا المجال تيارات دوامية تضمن بالاضافة الى الحرارة الناتجة عن هستريا اعادة المغنطة تسخين المعدن .

و اتسخين الخامة بالحث توضع فى حاث عبارة عن ملف من ماسورة نحاسية مربعة المقطع تبرد بالماء و معزولة عن الخامة بمادة مقاومة للحرارة و و يوصل الحاث بمولد للتيار العالى التردد .

و تنقسم اجهزة الحث حسب طريقة استعمالها الى اجهزة حث مستمرة او متقطعة العمل، و تزود افران الحث المستمرة العمل بتركيبة لشحن الخامات و تفريغها، و فى هذه الحالة تغذى الخامات فى مجرى او باستعمال ناقل الى التركيبة التى تدفع بها الى الملف، حتى تسقط من فتحة الخروج عند درجة الحرارة المطلوبة .

و فى اجهزة الحث المتقطعة العمل توضع الخامة فى ثقب الملف و تخرج منه بعد انتهاء التسخين بواسطة لاقط، و تعمل اجهزة التسخين بالحث فى الصناعة بتيار تردده يقع فى الحدود من 1000 – 4000 هرتز و يصل الى الاجزاء الصغيرة جدا الى 6000 – 10000 هرتز .

ولايستعمل التيار ذو التردد الصناعى الا للخامات الكبيرة التى يزيد قطرها عن 150 مم، و هذه الاجهزة ابسط بكثير لانه لا يوجد بها التوليد المتوسط للتيار، و يمتاز التسخين بالحث بخفض زمن تسخين الخامات خفضا كبيرا مما ينتج عنه تقليل طبقة الاكاسيد المتكون و بالتالى الاقتصاد فى المعدن يخفض احتراقه ،استعمال التسخين الحثى الدقة فى درجة التسخين و بطاقة مكان العمل و يقلل من مساحة الورش الخ .

و عند مقاومة اقتصاديات التسخين باللهب و التلامس و الحث يجب ان نذكر ان التسخين باللهب اكثر اقتصادا من التسخين الكهربائى عند زيادة قطر الخامات عن 90 مم، و التسخين الكهربائى بالتلامس اكثر اقتصادا من التسخين اللهبى او الحثى للخامات القصيرة التى يقل قطرها عن 40 مم ولايزيد طولها عن 200 مم ،و للخامات الطويلة التى يقل قطرها عن 70 مم و لا يزيد طولها عن 1000 مم.

و لا تتوقف تكاليف التسخين الحثى الا بقليل على قطر الخامات و من المستحسن استخدامه للتسخين عندما يكون قطر القطعة من 20 – 90 مم، البيانات الاقتصادية الموردة اعلاه للحساب التقريبى .

اجهزة الفرن المساعدة :

شحن الخامات و تفريغها فى درجات الحرارة العالية عمل بدنى شاق، و لهذا يستحسن مكننة هذه الاعمال حتى اذا كان وزن الخامات صغيرا كأن يكون وزنها 2 – 3 كجم مثلا، و فى حالة الشحن اليدوى توضع امام شباك الشحن منضدة ينقل الفران الخامات من عليها فى الفرن، تدحرج الخامات الكبيرة عى منضدة تدحرج ذات اسطوانات، و

تشحن الخامات الثقيلة فى الفرن بمساعدة الاوناش المعلقة و الروافع و الدوافع الهوائية او الهيدروليكية .

و الافران ذات الدوافع و النواقل الداخلية التى تقوم باخرج الخامات اسهل فى الاستعمال، و تسعمل لتسهيل ظروف العمل التركيبات الواقية منها و الشبكات المعدنية ذات الماء الجارى و الشبكات ذات الساتر المائى و الهوائى – المائى، و تركب اما شباك الشحن .

التنظيف من الاكاسيد :

يمكن ان يكون تنظيف الخامات المسخنة من الاكاسيد هوائيا او ميكانيكيا او هيدروليكيا .

ومن انواع التنظيف الهوائى نفخ الخامة بتيار من الهواء المضغوط او البخار تحت ضغط من 1.5 – 5 ض.جـ، و من الطرق الميكانيكية للتنظيف التنظيف بالدق و الكشط و الشوكة و الفرشة و التنظيف بالاسطوانات القاطعة و التنظيف الميكانيكى على ناقل شريطى ، فى التنظيف الهيدروليكى يوجه على الخامة تيار من الماء تحت الضغط العالى (و يصل الى 100 ض.جـ) و ليس لتبريد الخامة المسخنة بتيار الماء اى اثرعمليا، لان العملية كلها لا تستغرق اكثر من 2- 3 ثوان .





الباب الثانى والعشرون
الدلفنة والسحب والبثق



1- طبيعة عملية الفنة (الدرفلة) :

تسمى عملية تشغيل المعدن بالضغط بتمريره بين اسطوانتي (دلفينى) ماكينة الدلفنة بحيث يكون الخلوص بين الاسطوانتين اقل قليلا من سمك الخامة بعملية الدلفنة ، و تعطى الدلفنة للمادة المعدنية مقطعا و مقاسات معينة و و قد يستعمل انتاج هذه العملية كمنتجات جاهزة (كالقضبان و المواسير) او كمنتجات نصف مجهزة لعمليات الطرق و الكبس، و بشكل (130) رسم تخطيطى لعملية الدلفنة كما هو موضح بالرسم فان الاسطوانتين 2 اللتان تدوران فى اتجاه السهم تمسكان الخامة 1 ، و تنشأ عند نقطة تلامس الخامة الدرفيلين قوة عمودية N و قوة احتكاك T ،و بتحليل القوتين الى مركباتهما فى المستويين الافقى و الرأسى نحصل على القوى QS^1، SP .

و تقوم القوتان S^1، S المؤثرتان فى المستوى الافقى بتشكيل المعدن فى حين تقوم القوتان المتضادتان Q,P اللتان تعملان على خط عمل واحدو لكن فى اتجاهين متضادين بجذب الخامة الى الامام اذا تحقق الشرط التالى $P < Q$.

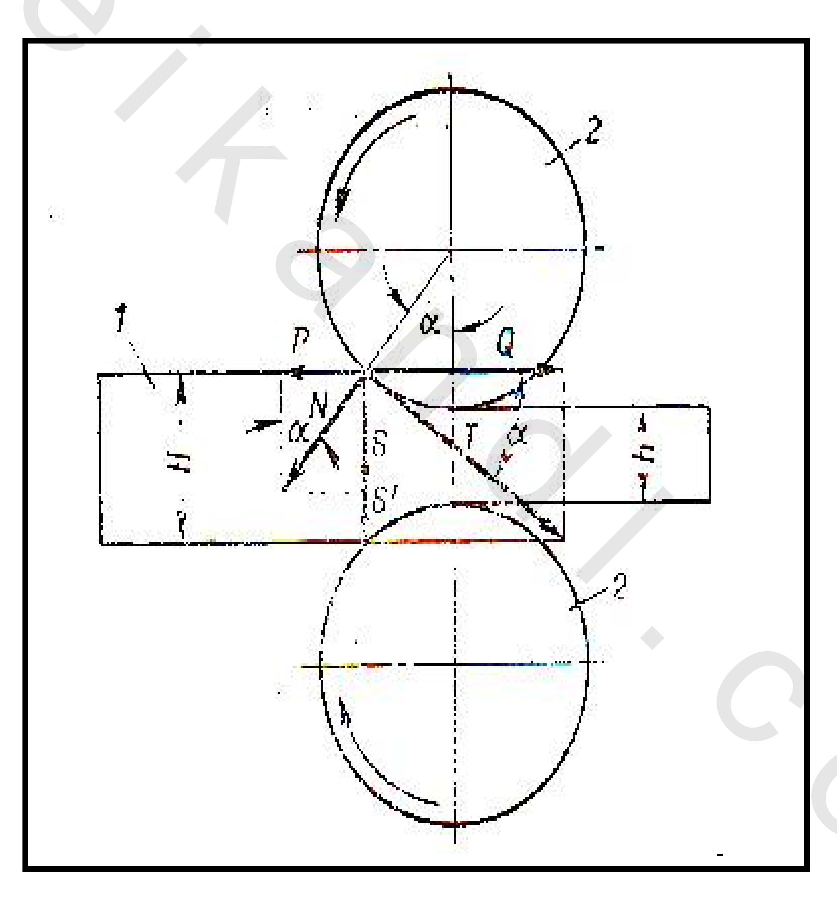
و بتحديد القوتين Q ، P و التعويض بقيمتيهما فى الشرط المذكور نحصل على T جتا α > N جا α ، حيث α زاوية عصر الدرافيل للمعدن (زاوية الدلفنة) .

و لكن قوة الاحتكاك $T = FN$ حيث F – معامل الاحتكاك و يساوى ظل زاوية الاحتكاك φ و التعويض عن T بقيمتها :

FN جتا α > N جا α .

و بقسمة الطرفين على N جتا α نحصل على F < ظل α اى ان ظل φ < ظل α و بالتالى فان $\alpha<\varphi$.

و على ذلك فانه يجب لكى تحدث الدلفنة ان تكون زاوية الدلفنة α اصغر من زاوية الاحتكاك φ ، و عادة تؤخذ زاوية الدلفنة α للدرافيل الملساء اقل من 20^o و للدرافيل ذات المقطع حتى 35^o ، و يقل فى عملية الدلفنة سمك الخامة من H الى h و يسمى الفرق فى سمك الخامة H – h بمقدار الانعصار المطلق .



شكل رقم 130 ، رسم تخطيطى لعملية الدلفنة (الدرفلة)

و يرتبط قطر الدرفيل و زاوية الدلفنة و مقدار الانعصار المطلق بالعلاقة الاتية :

H – h = D (1 – جتا α) اى ان مقدار الانعصار المطلق يزداد بازدياد قطر الدرافيل، و عند مقدار معين للانعصار المطلق تزداد زاوية الدلفنة بنقص صطر الدرافيل . و يزداد عرض و طول الخامة فى علمية الدلفنة مع نقص سمكها ، فى حين تقل مساحة المقطع حتما ، و يسمى الفرق فى عرض الخامة قبل الدلفنة و بعدها بالاستعراض، و تسمى نسبة طول الخامة الناتج l الى طولها الاولى بمعامل الاستطالة K .

$$\frac{F}{f} = \frac{l}{L} = K$$

حيث F – مساحة مقطع الخامة قبل الدلفنة .

f - مساحة مقطع الخامة بعد مرورها بين الدرفيلين .

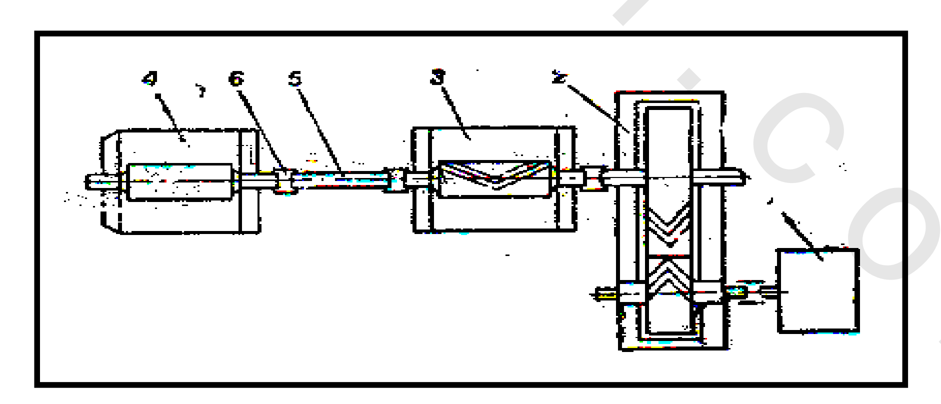
و هكذا فان معامل الاستطالة K يساوى نسبة مساحتى مقطع الخامة قبل و بعد الدلفنة، و تؤخذ قيمة K عمليا فى الحدود من 1.1 – 1.6 ، و لا يصل الى 2.5 الا عند درجات العصر العالية .

2- معدات و عمل ماكينة الدلفنة (الدرفلة) :

تتكون ماكينة الدلفنة (شكل 131) من محرك 1 و مخفض للسرعة 2 و وحدة تروس 3 و وحدة عاملة او اكثر 4، و تقوم اعمدة النقل 5و الوصلات 6 بربط اجزاء الماكينة، و الجزء الاساسى بالماكينة هو الوحدة العاملة و هى عبارة عن مجموعة من الدرافيل العاملة المركبة فى بدن الوحدة .

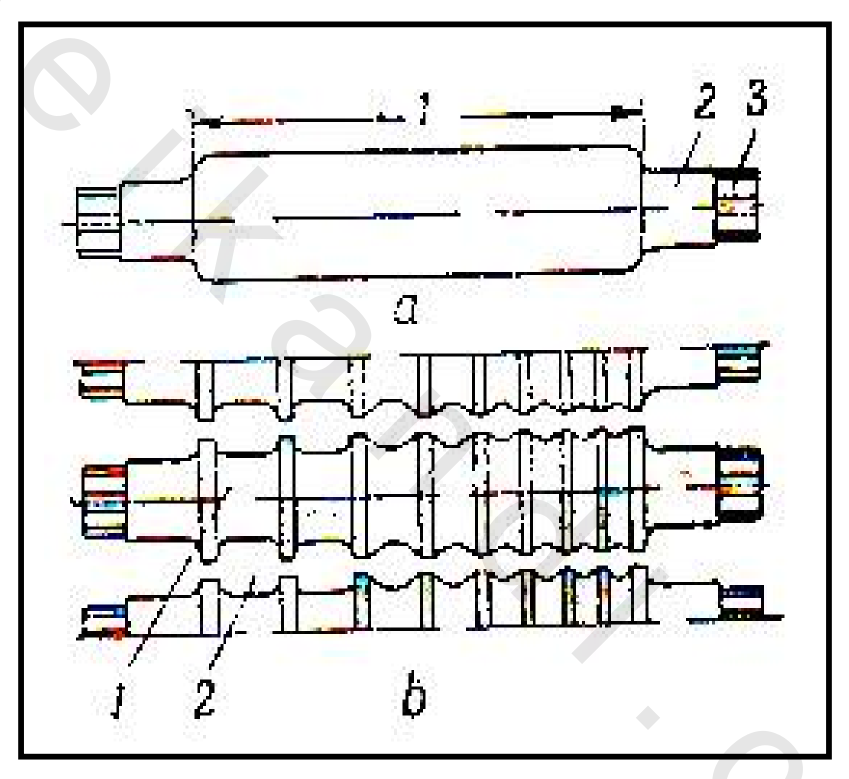
و تصنع الدرافيل من الزهر الابيض او الصلب و تنقسم حسب مقطع الاجزاء المدلفنة الى ملساء او مدرجة او بمجارى او خاصة ، وتستعمل الدرافيل الملساء (شكل 132 a) لدلفنة الالواح و الشرائط وتنتج الدرافيل المدرجة الحديد الخوصى و تستعمل الدرافيل ذات المجارى لانتاج المقطاع الواجهية و تدلفن فى الدرافيل الخاصة المواسير و الاقراص و العجلات و ما أشبه . و تتكون الدرافيل من الجزء العامل الذى يسمى بالبرميل و تتصل به من الطرفين رقبتان يثبت الدرفيل بواسطتهما فى كراسى المحور و تنتهى الرقبتان بجزء خاص يسمى المجارى، و يتصل الدرفيل بواسطة اعمدة النقل و الوصلات المجارى بوحدة التروس و تتميز الدرافيل ذات المجارى (شكل 132 ، b) عن الدرافيل الملساء بوجود مجارى خاصة على سطحها ، و يسمى الخلوص بين المجريين المقابلين لدرفيلين بالعيار ، ولكل زوج من الدرافيل ذات المجارى عدد من العيارات تنقسم حسب استعمالها الى عيارات مدلفنة و عيارات للدلفنة الخشنة وعيارات تشطيب.

و تنقسم ماكينات الدلفنة حسب عدد الدرافيل الى ثنائية وثلاثية و رباعية و عديدة الدرافيل .



شكل رقم 131 ، رسم تخطيطى لماكينة الدلفنة

وبشـكل (133) رسـم تخطيطـى لعمـل ماكينـات الدرفلـة و بالوحدة العاملة لماكينة الدلفنة الثنائية الـدرافيل درفيـلان، و يمكـن ان تكـون الماكينـة وحديـة الاتجـاه او مزدوجـة الاتجـاه حسـب اتجـاه دوران الدرفيل، ففى الحالـة الاولى يكـون اتجـاه دوران الـدرفيل و احـدا ، و فـى الحالـة الثانيـة يمكـن تغيير اتجـاه الـدوران، و تسـمى ماكينـات الدلفنـة المزدوجة الاتجاه بالعاكسة



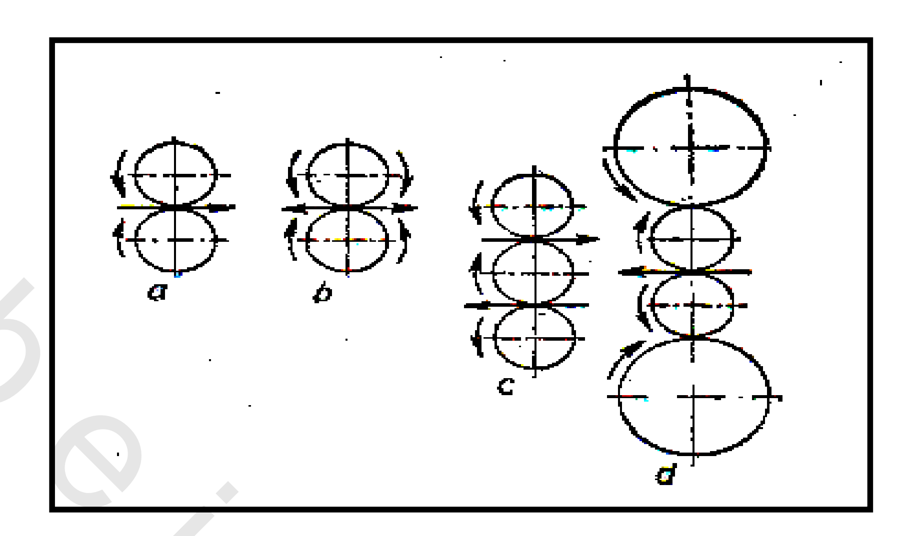
شكل رقم 132 ، الدرافيل :

1- الجزء الاسطوانى . 2- العنق. 3- الطرف المحدد .

b- درافيل بمجارى : 1- المجرى . 2- العيار .

و بماكينات الدلفنة الثلاثية الدرافيل وحدة عاملة بها ثلاثة درافيل، والدلفنة بهذه الماكينات مزدوجة الاتجاه بالرغم من عدم تغيير اتجاه الدوران، و بماكينات الدلفنة الرباعية الدرافيل يكون الدرفيلان الاوسطان عاملان و الخارجان ساندين، و ماكينات الدلفنة الرباعية الدرافيل يمكن ان تكون عاكسو او غير عاكسة .

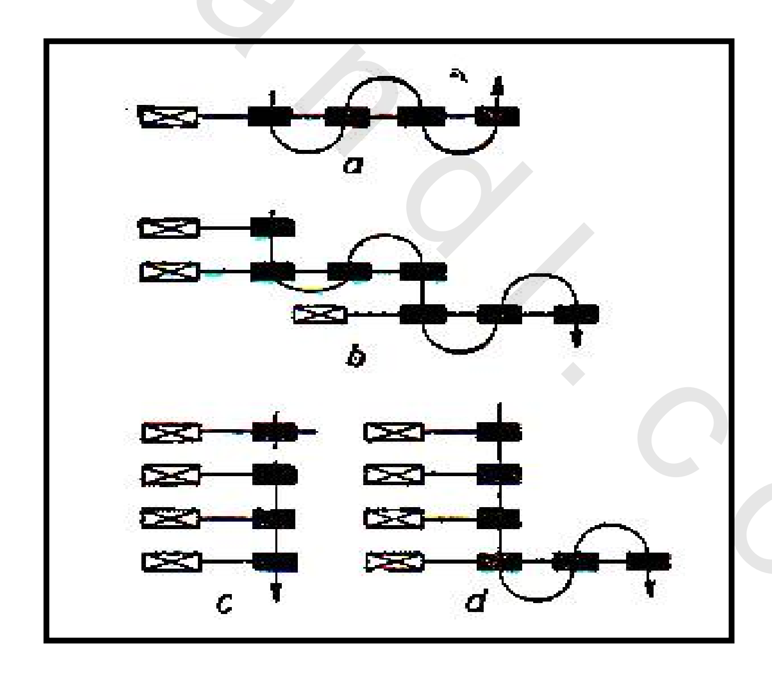
و تنقسم ماكينات الدلفنة حسب وضع الوحدات الى خطية ومدرجة و مستمرة و نصف مستمرة و متوالية ... الخ، و بالماكينات ذات الوضع الخطى (شكل 134، a) عيب و هو عمل الوحدات كلها بسرعة واحدة، و ينتفى هذا العيب بالماكينات المدرجة (شكل 134، b) اذ تكون الوحدات عدة خطوط تعمل بسرعات مختلفة مما يسمح بزيادة سرعة وحدة التشطيب و بالتالى يرفع انتاجية الماكينة كلها، ويمر المعدن المدلفن بالماكينات المستمرة (شكل 134، c) على التوالى خلال جميع الوحدات، التى توضع الواحدة تلو الاخرى، و سرعة كل وحدة اكبر من سرعة الوحدة التى تسبقها، و يتطلب عمل الماكينات المستمرة نسبة معينى بين السرعات المأخوذة لتجنب ارتخاء المعدن والتفافع او انشداده بين الوحدات المنفصلة، و بالماكينات نصف المستمرة تكون ماكينات الدلفنة و جزء من ماكينات الدلفنة الخشنة مجموعة مستمرة فى حين تكون الباقية خطا او تكون مدرجة (شكل 134، d)، وتنقسم ماكينات الدلفنة حسب انتاجها الى ماكينات العصر الابتدائى و ماكينات الدلفنة التجهيزية و ماكينات دلفنة المقاطع و ماكينات دلفنة الالواح و ماكينات دلفنة المواسير و الماكينات الخاصة .



شكل رقم 133 ، رسم تخطيطى لعمل ماكينات الدلفنة :

a – ماكينة مزدوجة . b- ماكينة عاكسة .

c – ماكينة ثلاثية . d- ماكينة رباعية .



شكل رقم 134 ، رسم تخطيطى لوضع الوحدات

ماكينات العصر الابتدائى :

و تستعمل لدلفنة صبب الصلب لتحويلها الى خامة كبيرة، ومن ماكينات العصر الابتدائى مدلفنة النورات(البلومنج) و ماكينات انتاج الكتل اللوحية (السلابنج) و مدلفنة النورات عبارة عن ماكينات دلفنة قوية ثنائية الدرافيل عاكسة، يصل قطر درفيليها من 800 الى 1400 مم و طول الجزء الاسطوانى العامل بها يصل الى 3000 مم و تكون مدلفنة النورات حسب عدد وحداتها وحيدة الوحدة او ثنائية الوحدات .

و يتراوح متوسط وزن الصبب المدلفنة من 2 – 10 طن و قد يصل فى بعض الحالات الى 20 طن، و يتم تشغيل هذه الماكينات ميكانيكيا تماما و بها تحكم اوتوماتيكي، و يمكن رفع الدرفيل الاعلى لها او خفضه باستعمال قلاووظ ضاغط يحركه محرك كهربائى، يبين مؤشر يدور على تدريج قرصى مثبت على بدن الماكينة مقدار ارتفاع الدرفيل، ولتغذية الصبب الى الدرافيل يمتد امام الدرافيل و خلفها ناقل بكرى عبارة عن مائدة يتكون سطحها من عدد من البكر الذى يدار فيقوم بتحريك الصبب الموضوعة عليه، و تتوجه الصبة المسخنة بواسطة الناقل البكرى الامامى الى الدرافيل حيث نعصر اول مرة ثم يعكس اتجاه حركة الدرافيل العاملة و الناقل البكرى فى حين يخفض القلاووظ الضاغط الدرفيل العلوى فيدفع الناقل الخلفى بالكتلة المعصورة بمقدار معين الى نفس العيار بالدرافيل و يستقبلها الناقل الامامى .

و بعد مرور الكتلة مرتين بين الدرافيل تقلب بمقدار 90^{o} بواسطة مقلب اوتوماتيكى يوجد بالجانب الامامى للماكينة، وبعد ذلك تكر الصبة بالمجرى التالى (العيار التالى) و تمر خلاله عدة مرات مع

تقليبها من آن لآخر، ويتراوح عدد مرات المرور على مدلفنات النورات عادة من 13 – 19 مرة، وتتجه الالواح الخارجية من المجرى الاخير بواسطة ناقل بكرى الى المقص الذى يقوم بقص اطرافها او تقطيعها الى اجزاء عند الطلب، و تكون الالواح الناتجة ذات مقطع مربع من 125 × 125 الى 450 × 450 مم و تسمى بالنورات .

و تتجه هذه النورات الى ماكينة الدلفنة التالية او ترسل الى ورشة المطروقات لطرق الاجزاء الكبيرة، وانتاجية مدلفنة النورات عالية جدا تصل الى 3 مليون طن من المعدن فى العام .

و ماكينات انتاج الكتل اللوحية (السلابنج) تقوم بانتاج خامات على شكل كتل لوحية سمكها من 75 – 300 مم و عرضها من 400 – 1600 مم . و تستعمل الكتل اللوحية لانتاج الالواح . و هذه الماكينات عبارة عن ماكينات ثنائية الوحدات العاكسة ثنائية الدرافيل، و الدرافيل العاملة للوحدة الاولى افقية كما فى الماكينات المعتادة ويصل قطرها الى 1100 مم، الدرافيل العاملة للوحدة الثنائية رأسية مما يسمح بانتاج خامات حروفها الجانبية متساوية دون تفويت عند الحروف ويصل قطر هذه الدرافيل الى 700 مم، وتسمى هذه الماكينات فىهذا الوضع بماكينات دلفنة عامة .

ماكينات دلفنة المقاطع :

و تستعمل لدلفنة المقاطع المحتلفة و المقاطع الوجهية (الكمرات و القضبان الخ ..) و تنقسم الى ماكينات دلفنة المقاطع الكبيرة و قطر درافيلها من 500 – 750 مم وماكينات دلفنة المقاطع الصغيرة و قطر درافيلها من 250 – 350 مم، و تكون هذه الماكينات حسب عدد درافيلها ثنائية الدرافيل (عاكسة او غير عاكسة) او ثلاثية الدرافيل .

و وضع الوحدات العاملة لهذه الماكينات قد يختلف اختلافا كبيرا من ماكينة لاخرى، وان كان الوضع المستعمل عادة بماكينات دلفنة المقاطع الصغيرة هو النصف مستمر او المستمر، وبشكل (135) بينا منتجات ماكينات دلفنة المقاطع .

ماكينات دلفنة الالواح :

وتستعمل لدلفنة الواح المعدن فى الحالة الساخنة او الباردة، وتنقسم الالواح الناتجة الى الواح سميكة و رقيقة، وتسمى الالواح التى يزيد سمكها عن 4 مم سميكة، وتجرى دلفنة الالواح السميكة على الماكينات الثلاثية الدرافيل او الماكينات الثنائية الدرافيل العاكسة او على الماكينات الرباعية الدرافيل، وبها عدا الدرافيلين العاملين درفيلان ساندين .

و يصل قطر الدرافيل العاملة الى 1000 مم و طول الجزء الاسطوانى العامل و يتوقف على عرض اللوح المطلوب الى 4550 مم، وتستعمل على نطاق واسع للماكينات المكونة من عدد من الوحدات المختلفة ذات الوضع المستمر و النصف مستمر وهذه الماكينات ذات انتاجية عالية .

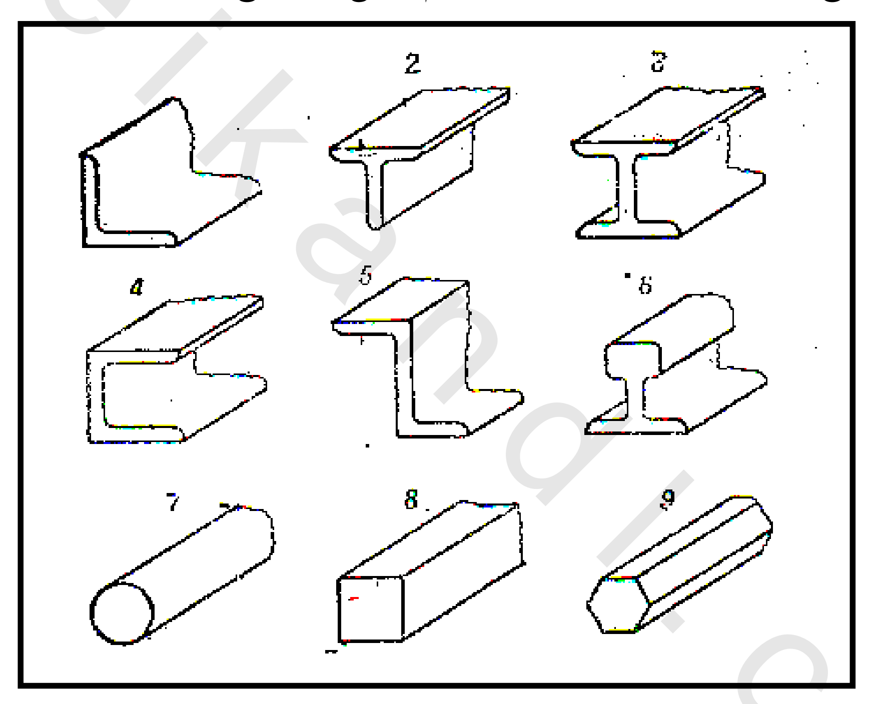
و الخامات المستعملة لدلفنة الالواح السميكة هى الكتل اللوحية، تستعدل الالواح الناتجة على ماكينات الاستعدال، وبعد ذلك تقص حروفها على مقصات خاصة او باستعمال القطاعات اللهبية الغازية، و تنتج الالواح الرقيقة (اى التى لا يزيد سمكها عن 4 مم) بالدلفنة على الساخن للكتل اللوجية القليلة السمك .

و تستعمل للدفلنة مجموعة من الوحدات العاملة، الاثنتان الاوليتان منها ثنائية الدرافيل و الاخيرة ثلاثية الدرافيل، و بعد الحصول

على الواح سمكها نحو 2 مم تجرى الدلفنة فى مجموعات تتكون من عدد من الالواح الرقيقة المدلفنة على الساخن و تقص حروفها .

و تدلفن الالواح على البارد لزيادة صلادتها نتيجة للتشغيل على البارد و كذلك لحصول على سطح مضبوط املس .

وفى هذه الحالة تجرى الدلفنة على ماكينات الدلفنة ذات الوحدة الواحدة العاكسة او الكثيرة الوحدات الرباعية الدرافيلو ترسل الالواح الناتجة لقص حروفها الطولية ثم تقطع الى الواح مقاسة .



شكل رقم 135 ، المقاطع المدرفلة المعتادة و الواجهة :

1 – زاوية . 2 – مقطع على شكل حرف T .

3 – مقطع على شكل حرف I . 4 – مجرى .

5 – مقطع على شكل حرف Z . 6 – قضيب .

7 – مستدير . 8 – مربع . 9 – مسدس.

ماكينات دلفنة المواسير :

و تستعمل لانتاج المواسير الملحومة و العديمة اللحام (المدلفنة)، و تنتج المواسير الملحومة بطرق مختلفة باللحام التراكبى (شفة على شفة) او باللحام التناكبى (قورة على قورة) او باللحام الكهربائى .. الخ، و المادة لهذه العملية هى خامة شريطية مختلفة المقاسات تقطع الى اجزاء او تلف فى لفات .

و عند اللحام التراكبى (شفة على شفة) تجرى العمليات التالية :

أ) شطف طرفى الخامة من الجهتين بكول الخامة .

ب) تسخين الخامة الى 900 – 1000 ^{o} و لفها على شكل ماسورة بسحبها خلال قمع خاص بداخله قلب اسطوانى .

جـ) تسخين الخامات الملفوفة الى درجة اللحام (1300 – 1350 ^{o}) .

د) دلفنة الخامات المسخنة على ماكينة دلفنة ثنائية الدرافيل دائرية العيار و بداخله قالب دائرى على قضيب طويل مثبت باطار خاص وراء الماكينة ، و تدلفن الخامة الملفوفة بحيث يكون خط اللحام لاعلى .

هـ) استعدال الماسورة الناتجة على ماكينة الاستعدال .

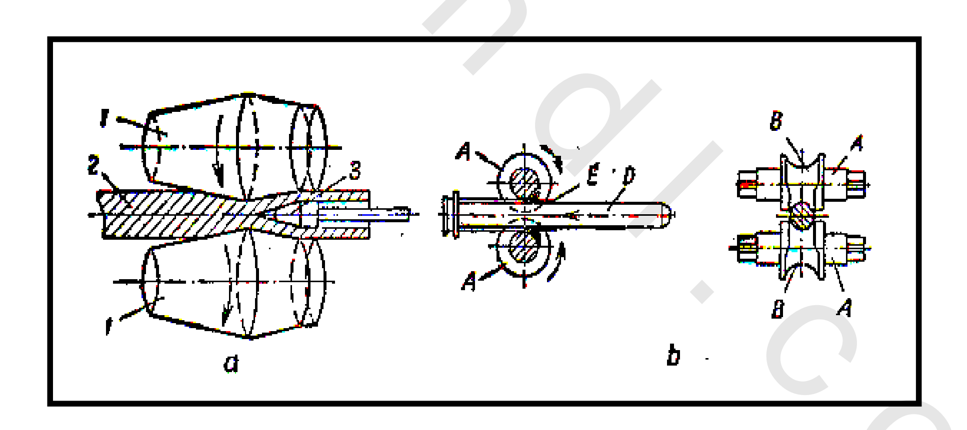
و) تشطيب الماسورة و قص الاطراف .

و تنتج بهذه الطريقة مواسير قطرها من 55 – 325 مم، و تدلفن المواسير العديمة اللحام على ماكينات خاصة، و تجهز من الصبة او الخامة المدلفنة اولا اسطوانة مجوفة ثم يحصل على المواسير بدلفنة

الاسطوانة المجوفة، وتجرى العملية الاولى على ماكينات ذات درافيل مخروطية الشكل (شكل 136، a) و يميل الدرفيلان احدهما بالنسبة للاخر بزاوية 3 – 10 º .

و يدور الدرفيلان الذى يصل قطرهما الى 700 مم فى اتجاه واحد فيحركان الخامة 2 حركة حلزونية تسبب عند سرعات الدوران العالية و التسخين الشديد للمعدن تكون تجويف عند محور الخامة، و يستعمل للحصول على الشكل المطلوب لتجويف الخامة قلب استعدال خاص 3 .

و تجرى العملية الثانية على ماكينات الدرفلة الترددية (شكل 136، b) و بدرافيلها A مجارى غير مركزية B تقوم بسحب الخامة الموضوعة على قلب D فتحولها الى ماسورة رقيقة الجدران E، ومقاومة المواسير الملحومة .



شكل رقم 136 ، رسم تخطيطى لدلفنة المواسير غير الملحومة :

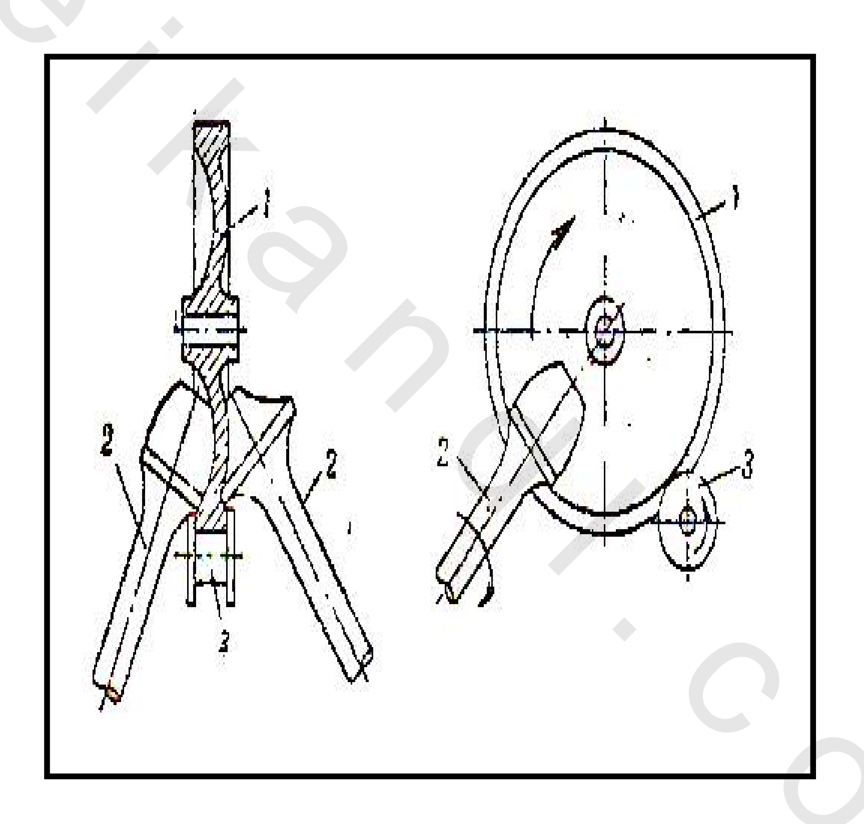
a- الحصول على جلبة .

1- درافيل مخروطية . 2- الخامة . 3- القلب .

b- رسم تخطيطى لماكينة الجلفنة الترددية .

ماكينات الدلفنة الخاصة :

و تستعمل لدلفنة الاطواق و العجلات القرصية و المقاطع الدورية و غير ذلك، وبشكل (137) رسم تخطيطى لدلفنة عجلة قرصية، والخامة المستعملة لذلك هى صبة كثيرة الاضلاع تقطع الى اجزاء، وبعد كبس الخامة المسخنة بواسطة مكبس او مطرقة وثقب فتحة بمركزها ترسل الى ماكينة الدلفنة حيث تعطى الشكل الجانبى المطلوب بواسطة درافيل ذات شكل خاص لاعطائه المقاسات المطلوبة .



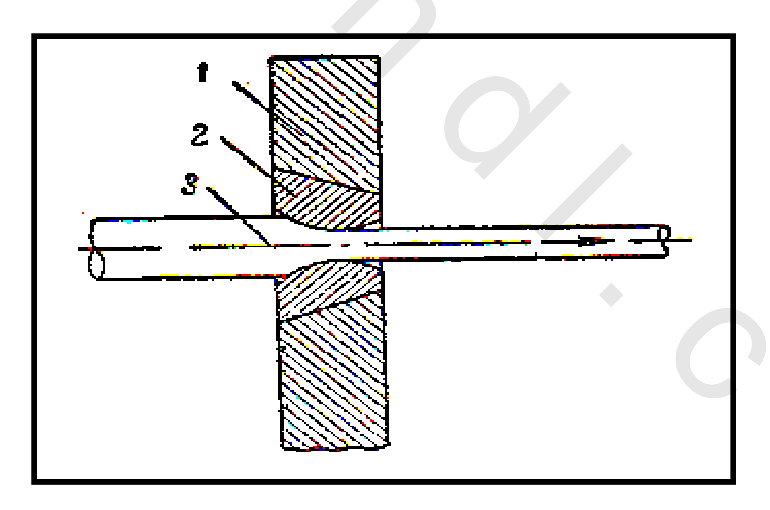
شكل رقم 137 ، رسم تخطيطى لماكينة دلفنة الاقراص :

1- الخامة . 2- الدرافيل العامة . 3- بكرة .

3- **سحب الاسلاك** :

سحب الاسلاك هو عملية تشكيل المعدن على البارد بسحبه خلال فتحة اصغر من مقطع الخامة المشغلة، ويستعمل السحب لانتاج اسلاك يصل قطرهاالى 6 مم ، و المواسير الرقيقة الجدران و لمعايرة القضبان و المواسير و لصناعة المقاطع الواجهية . وبعد السحب يحصل المعدن على ابعاد مضبوطة و سطح املس و مقاومة و متانة مرتفعة نتيجة لتشغيله على البارد، و يمكن عند اللزوم اعادة الخواص الاولى التى للمعدن الغير مشغل على البارد الى المعدن المشغل بالتلدين.

و يزداد طول الخامة بعد سحبها و تنقص مساحة مقطعها، ويجرى السحب بشد المعدن خلال ثقب باسطمبة السحب (شكل 138) و تصنع قوالب (اسطمبات) السحب من صلب العدة الكربونى والسبيكى او من انواع خاصة من الزهر الكرومى .



شكل رقم 138 ، رسم تخطيطى لسحب الاسلاك :

1 – لوحة السحب . 2 – قالب السحب . 3 – القضيب .

و تستعمل على نطاق واسع اسطمبات السحب ذات الفتحات المركبة و فى هذه الحالة تصنع اللوحة من الصلب المعتاد و تصنع الفتحة من السبائك الصلدة او الماس او العقيق، ويجرى السحب على ماكينات السحب القابضة او البكرية، و يستعمل الاولى لسحب القضبان القصيرة و المواسير، و تستعمل الثانية للحصول على الاسلاك الرفيعة و لتقليل الاحتكاك الخارجى و تآكل الفتحات، ويستعمل التزييت بواسطة خليط من مسحوق الصابون و الطباشير و الجرافيت .

كما يستعمل للتزييت كذلك البارافين والشمع و خليط من التافوت او الماروت مع الجير، ويمكن اجراء التلدين باعادة التبلور بين عملياتالسحب لازالة الصلادة الناشئة عن التشغيل على البارد .و بعد السحب تستعدل منتجات العملية و تجلخ و تلمع، وفى بعض الاحيان تطلى بالزنك او القصدير بالطريقة الساخنة لمقاومة الصدأ و تجرى هذه العملية عادة للاسلاك .

4- **البثق** :

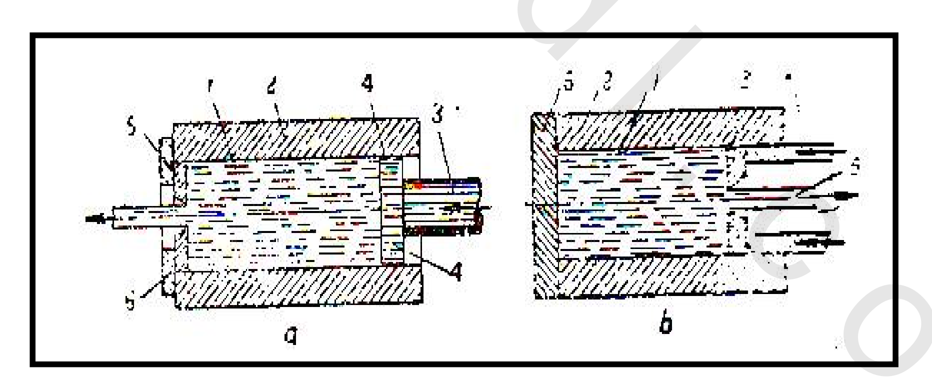
تستعمل عملية البثق لانتاج القضبان و المواسير و المقاطع المعقدة من المواد و السبائك المختلفة و من مزايا هذه الطريقة دقة مقاسات المنتجات و الاستغناء عن عمليات التشطيب ذات الانتاجية المنخفضة كما فى عملية الدلفنة كما ان انتاجية هذه الطريقة غالية و من عيوبها التآكل الشديد للادوات العاملة و كبر نفايات المعدن التى تصل احيانا الى 45 ٪ (للمواسير كبيرة القطر) .

وهناك طريقتان للبثق الطريقة المباشرة و الطريقة المعكوسة، وبشكل (139 ، a) رسم تخطيطى لعملية البثق بالطريقة المباشرة توضح الخامة المسخنة 1 فى تجويف الخزان 2 و عند ضغط قضيب

المكبس 3 على المكبس 4 يبدأ المعدن فى الانسياب خارجا من فتحة الاسطمبة 5 التى تسندها حلقة السند 6 و يجرى الضغط باستعمال المكابس الهيدروليكية التى تولد ضغوطا تصل الى 6000 طن.

و تصل سرعة انسياب المعدن عند انتاج القضبان من 0.2 – 2 متر/ ثانية، و لبثق المواسير تثقب الخامة اولا، وتصنع المواسير و المقاطع المعقدة بالطريقة المباشرة اذ انها تعطى سطحا اكثر ملامسة استواءا من الطريقة المعكوسة .

وبالطريقة المعكوسة (شكل 139، b) توضع الخامة بالخزان 2 و يبثق خلال فتحة الاسطمبة 3 التى يضغط عليها القالب المجوف 4 و الخزان مغلق من الجهة الاخرى بوردة السند 5 و فى هذه الطريقة ينساب المعدن 6 فى اتجاه عكس اتجاه حركة القضيب و تتطلب هذه الطريقة طاقة اقل من الطريقة المباشرة و تتخلف عنها نفايات اقل، وتنتج بالبثق القضبان التى يصل قطرها من عدة ملليمترات الى 400 مم، ويتراوح سمك جدران المواسير المنتجة فى الحدود من 1.5 – 10 مم .



شكل رقم 139 ، رسم تخطيطى للبثق




الباب الثالث و العشرون
التشكيل بالطرق



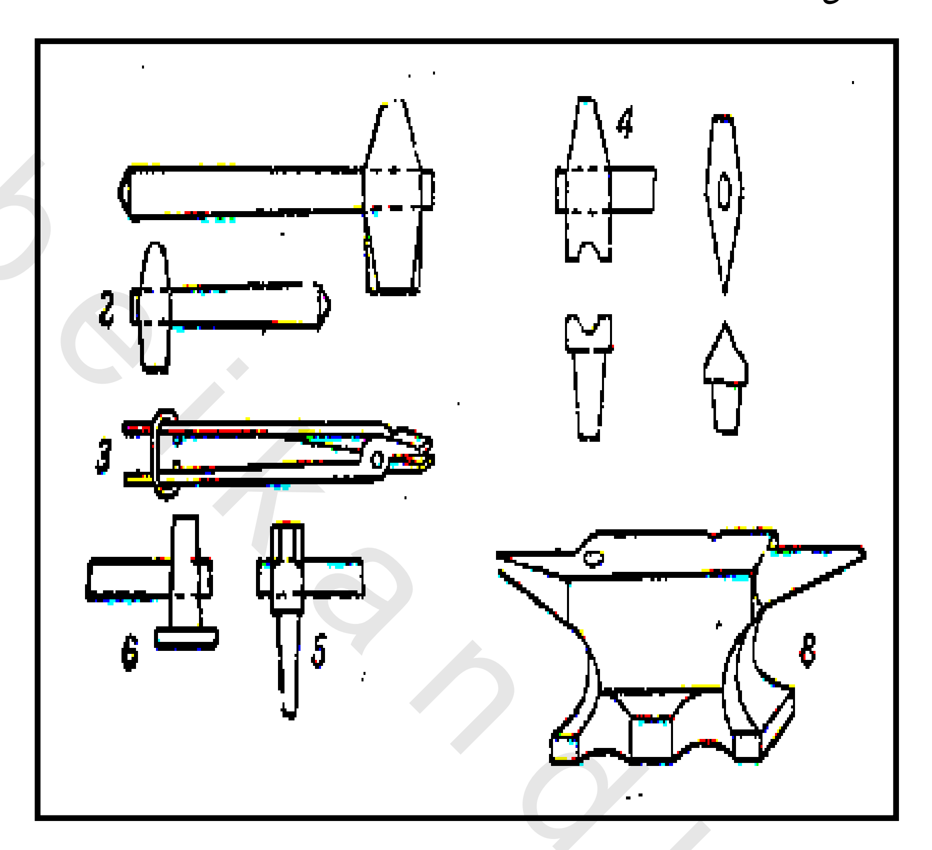
1- **التشكيل بالطرق الحر (بالحدادة)** :

الطرق هو عملية تغيير شكل المعدن المسخن بطرقات من المطرقة او بضغط مكبس، ويتكثف المعدن اثناء عملية طرقه و ترتفع خواصه الميكانيكية و المادة الاساسية المستعملة لانتاج المطروقات هى الصلب و بعض السبائك المصنوعة على اساس النحاس و الالومنيوم و الماغنسيوم، و الطرق كما ذكرنا اعلاه يمكن ان يكون حرا او فى قوالب الكبس (الاسطمبات) .

و فى الطرق الحر (الحدادة) يشكل المعدن المشغل بين سطحين مستويين و يمكن للمعدن ان ينساب بينهما فى اتجاه السطحين وفى الطرق فى الاسطمبات يخضع انسياب المعدن لشكل تجويف الاسطمبة . و يستعمل الطرق الحر فى الصناعة على نطاق ضيق لانتاج المطروقات الكبيرة، ومن الصعب الحصول على اجزاء معقدة بهذه الطريقة و هى تتميز بالاضافة الى ذلك بانخفاض دقتها و قلة انتاجيتها ، و يمكن ان يكون الطرق الحر (الحدادة) يدويا او بالماكينات .

و تستعمل الحدادة اليدوية للانتاج الفردى للاجزاء الصغيرة او فى اعمال الاصلاح، و تجرى الحدادة على السندان باستعمال ادوات منها المرزبات و الشواكيش و المقاطع و سنابك التخريم و البلصات المستديرة و المربعة و اللواقط و غيرها ، و بشكل (140) رسم لادوات الحدادة اليدوية و مستلزماتها و تطرق الاجزاء المتوسطة الحجم على المطارق الميكانيكية و الكبيرة على المكابس، و الاداة العاملة عند الحدادة بالماكينات هى بلصات مطارق و مكابس الحدادة، والاداة المساعدة هى القضبان الملفوفة و المقاطع و سنابك التخريم و الشوك و غيرها ، وهى مبينة بشكل (141) ويجرى قياس المطروقات اثناء العمل بالبراجل

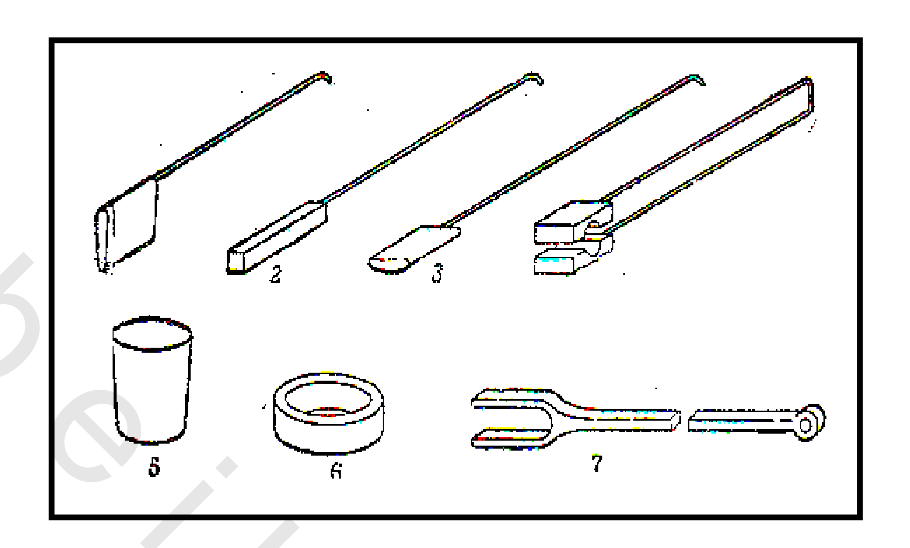
الكرويـــة والداخليـــة ومحـــددات القيـــاس (الضـــبعات) و النمـــاذج (شكل142) .



شكل رقم 140 ، ادوات و معدات الطرق اليدوية :

1- المرزبة . 2- الشاكوش. 3- لاقط . 4- بلص ملفوف .

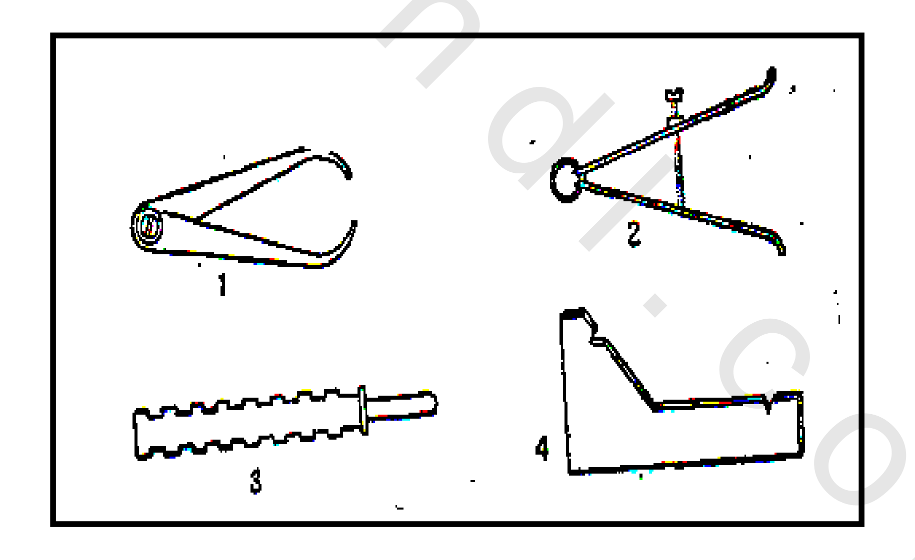
5- سنبك تخريم .6 - بلص. 7- مقطع . 8- سندان .



شكل رقم 141 ، أدوات الحدادة بالماكينات :

1- مقطع . 2- قضيب مربع . 3- قضيب مستدير . 4- بلص ملفوف.

5- سنبك . 6- حلقة . 7- شوكة .



شكل رقم 142 ، أدوات القياس :

1- برجل كروى . 2- برجل داخلى . 3- محدد لقياس السمك . 4-ضبعة .

و يسخن المعدن قبل طرقه الى درجة حرارة معينة ، و يجرى تسخين الخامات عند الحدادة اليدوية غالبا فى كور الحدادة ، وتسخن الاجزاء المتوسطة و الكبيرة فىالافران الكهربائية و اللهبية ، و الطريقة المثلى للتسخين هى طريقة الحث و تضمن حدا ادنى من التأكسد وانخفاض نسبة الكربون بالخامة من الصلب و التسخين الحثى مناسب للاجزاء الصغيرة فى الانتاج بمجموعات كبيرة .

و يسمى الجزء الناتج بعمليات طرق متوالية بالمطرقة و من العمليات الاساسية بالحدادة اليدوية (شكل 143) الكبس و السحب و الثقب و الثنى و اللى و القطع و الحام .

الكبس :

عبارة عن عملية انقاص الطول الاصلى للخامة مع زيادة مقطعها ، ولتجنب حدوث انثناء طولى بالخامة يجب الا يزيد طولهاالاصلى عن 2.5 سمكها ، ويجرى الكبس باستعمال المرزبة على السندان او بين بلصى المطارق و المكابس الميكانيكية ، ويستعمل الكبس الجزئى لزيادة سمك جزء من الخامة ، وفى هذه الحالة يسخن من الخامة الجزء المراد كبسه جزئيا .

السحب :

عملية يزاد بواسطتها طول المطرقة و ينقص مقطعها المستعرض و يجرى السحب ابتداءا من منتصف الخامة الى اطرافها بضربات من المرزبة او بلص المطرقة الميكانيكية على قضيب ملفوف يوضع فوق الخامة مع تقليب الخامة بمقدار 90^{o} او 180^{o} ، و عند السحب يجب ان يغطى بلص المطرقة او القضيب كل عرض الخامة المسحوبة .

الثقب :

و يجرى للحصول على فتحة بالخامة و يجرى الثقب فى الحدادة اليدوية باستعمال السنابك بوضع الخامة فوق الثقب الموجود بالسندان و فى الحدادة بالماكينات يستعمل للثقب السنبك و الحلقة (شكل 143) و لتجنب حدوث زوئد يجرى الثقب اولا من ناحية بحيث لا يصل الى نهاية الخامة ثم تقلب المطروقة و يجرى ثقبها من الجهة الاخرى .

الثنى :

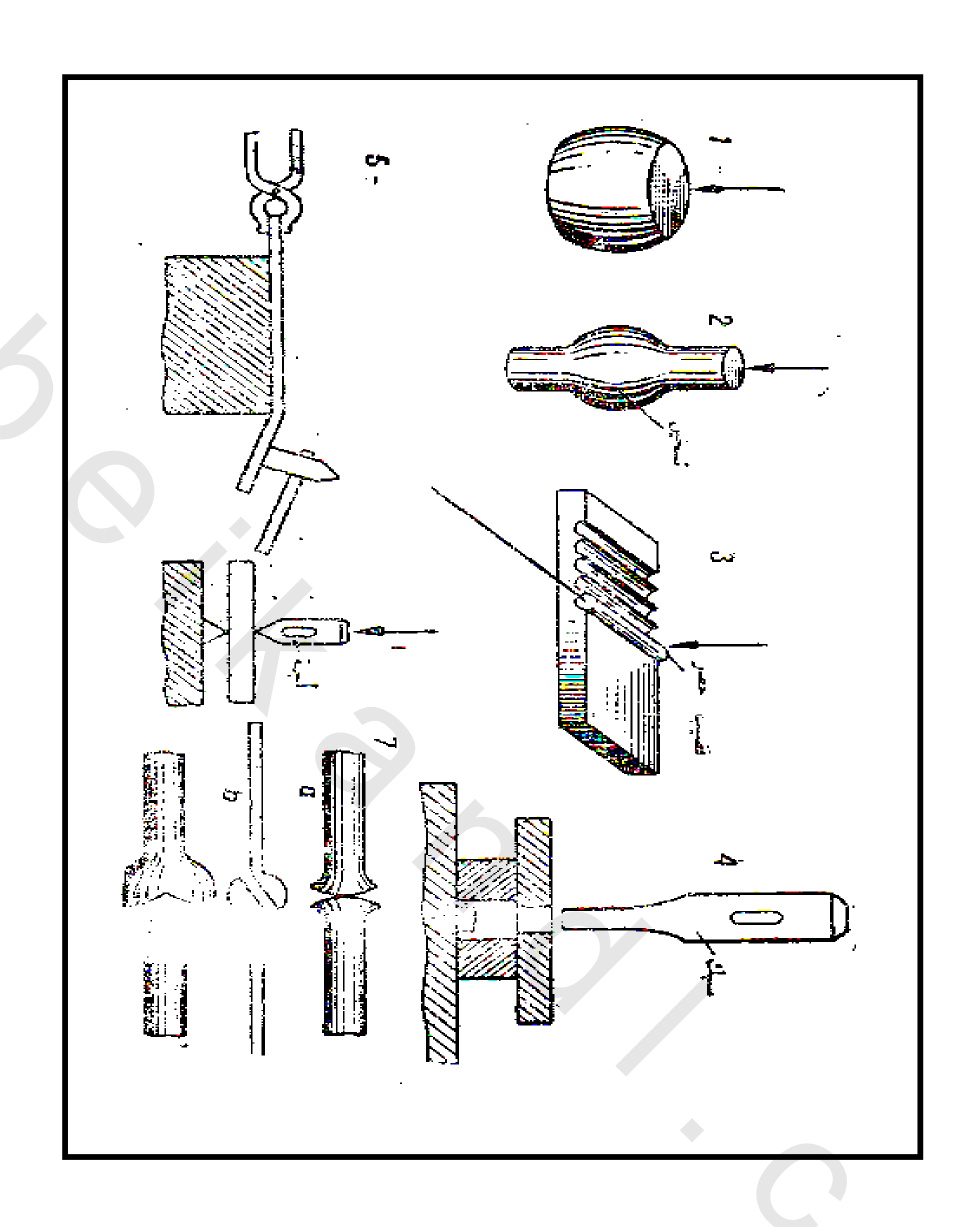
و يجرى لاعطاء الخامة شكلا منحنيا و قبل الثنى تسخن الخامة تسخينا موضعيا ثم يثبت احد طرفيها بين بلصى المطرقة و يثنى الاخر بضربات من المرزبة ، و يتناقص سمك الخامة فى مكان الثنى و لذلك يجب ان تكبس الخامة قبل ثنيها للحصول على مقطع متماثل . و نثنى المطروقات ذات المقطع الكبير باستعمال اسطمبة ثنى ، وتثنى المطروقات الصغيرة على قرن السندان .

اللى :

و هو عملية من عمليات الحدادة يلوى فيها جزء من الخامة بالنسبة للاخر بزاوية معينة حول المحور المشترك لهم ، و يجرى اللى باستعمال ايدى الادارة او الشوكة .

القطع :

و يجرى لتقسيم الخامة الى اجزاء او لفصل جزء من المعدن عنها لتسكيل شكلها الخارجى او الداخلى ،وفى الحدادة اليدوية يجرى القطع باستعمال المقاطع و فى الحدادة بالماكينات باستعمال مقاطع عريضة خاصة .



شكل رقم 143 ، العمليات الاساسية للطرق الحر :

1- الكبس . 2- الكبس الجزئي . 3- السحب . 4- الثقب.

5- الثنى . 6- القطع. 7- اللحام

a- التنكيبى (قورة على قورة) . b- التراكبى (شفة على شفة) .

c- فى مجرى .

لحام الحدادة :

و يجرى لتجميع قطعتين او اكثر من المعدن لتكوين مطروقة واحدة، ويجرى لحام الحدادة للصلب الكربونى الطرى المحتوى على الكربون بنسبة 0.15 – 0.25 ٪، ويمكن اجراؤه بحيث ينطبق وجها الطرفين (لحام تناكبى) او بحيث ينطبق احد الطرفين على الاخر (لحام تراكبى) او بحيث ينطبق احد الطرفين فى تجويف الاخر .

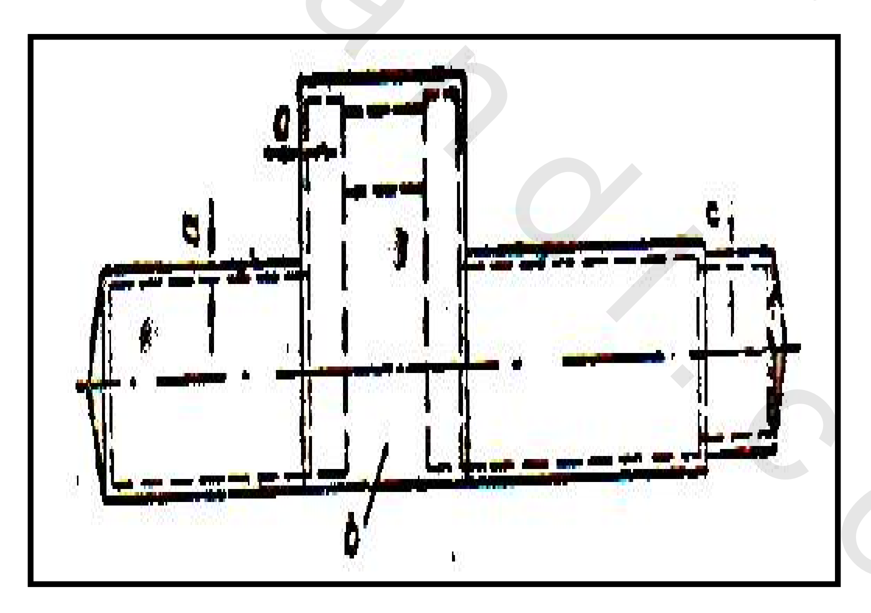
و قبل اللحام تكبس اطراف الخامات و تعطى سطوح الالتحام شكلا محدبا و تسخن الاطراف الكجهزة الى درجة الالتحام . و فى عملية التسخين ترش سطوح الالتحام بالفلكس (خليط من الرمل الكوارتزى و البوريك) لتحويل طبقة الاكاسيد المتكونة الى خبث . و بعد تنظيف الخبث توضع الاطراف المسخنة على بعضها بحيث تنطبق سطوح التحامها وتطرق حتى الالتحام .

و تصل متانة لحام الحدادة للصلب المنخفض نسبة الكربون الى ما يقرب من متانة المعدن الاصلى، و فى الوقت الحاضر تستعمل بدل لحام الحدادة الطرق الافضل للحام، و يستعل لحام الحدادة اساسا فى اعمال الاصلاح . و باستعمال العمليات المختلفة للحدادة يمكن الحصول على مطروقات بالشكل المطلوب حسب المواصفات الفنية و الرسم الهندسى للمطروقة (شكل 144) و يعد هذا الاخير على اساس الرسم الهندسى للجزء التام الصنع مع زيادة ابعاده بمقدار علاوة التشغيل a اى سمك طبقة المعدن التى تزال بالقطع على الماكينات، و هناك عدا علاوة التشغيل تفاوت فى مقاسات المطروقة حسب دقة التشغيل .و فى بعض الاحوال تعطى علاوة زائدة b (شكل 144) عبارة عن الزيادة فى

المعدن التى تزال بالتشغيل بالقطع فيما بعد ، و ذلك لتبسيط شكل المطروقة .

و يسحب على اساس الابعاد الناتجة للمطروقة حجمها الكلى بجمع احجام اجزائها المنفصلة ، ويحدد وزن المطروقة بضرب الحجم فى الوزن النوعى للمعدن، عند تحديد وزن الخامة يجب مراعاة وزن المطروقة مع اضافة وزن نفايات المعدن المزالة بالقطع و كذلك المعدن المفقود بالاحتراق .

و تتوقف نفاياتالقطع على تعقيد المطروقة او بساطتها و تتراوح من 5 – 30 ٪ من وزنها ، و يفقد من المعدن بالاحتراق 2 – 3 ٪ من وزن الخامة و يزداد الاحتراق الكلى للمعدن عند تكرار التسخين و سنوضح فيما يلى بعض امثلة التشغيل بالحدادة اليدوية .



شكل رقم 144 ، الرسم الهندسى للمطروقة

طرق مسمار برأس مسدسة (شكل 145) :

العملية الاولى – تسخين قضيب مستدير المقطع و قطع الخامة بالطول المطلوب منه .

العملية الثانية – تسخين احد اطراف الخامة بطول الجزء المكبوس و الكبس بضربات من المطرقة .

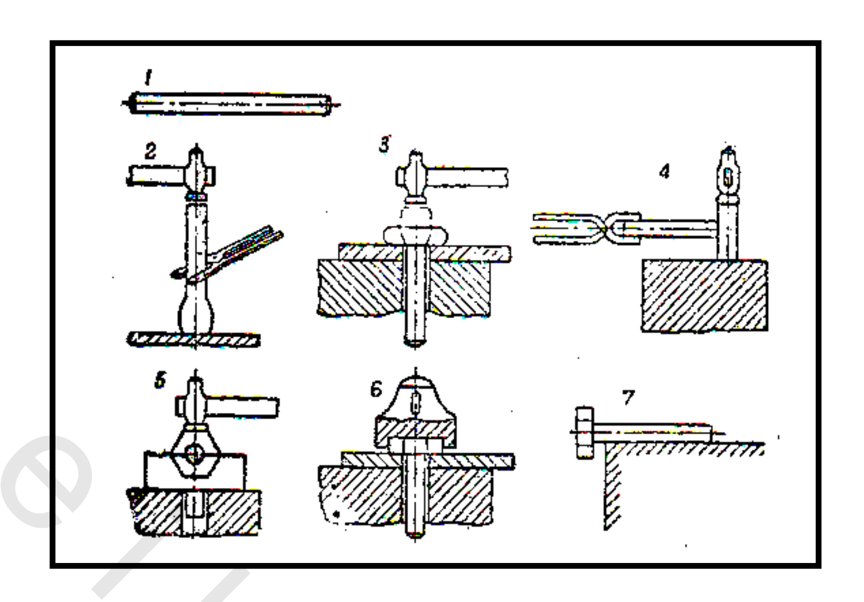
العملية الثالثة – وضع الجزء الاسطوانى من الخامة فى اسطمبة و وضعهما مع على السندان بحيث تدخل ساق المسمار فى ثقب السندان ثم تفرطح الرأس بضربات من المطرقة .

العملية الرابعة – اخراج المسمار و اعطاء الرأس شكلا اسطوانيا باستعمال المطرقة .

العملية الخامسة – تسخين رأس المسمار و اعطائها شكلا مسدسا باستعمال بلص مسدس (النصف الاسفل) .

العملية السادسة – وضع المسمارفى الاسطمبة و وضعه على السندان بحيث يمر فى ثقبه ، و وضع بلص واجهى مستوى (مربع) على رأس المسمار و اعطاء الرأس شكلا كرويا بضربات من المطرقة على البلص .

العملية السابعة – استعدال ساق المسمار و قياس طوله فاذا كان الطول اكبر من اللازم يسخن طرق المسمار و يقطع بالمقطع .



شكل رقم 145 ، طرق مسمار برأس مسدسة

طرق مفتاح صواميل (متصل) (شكل 146) :

العملية الاولى – شنكرة الطول اللزم على خوصة و قطع الجزء المطلوب منها .

العملية الثانية – تسخين طرفى الخوصة على الترتيب و شطفها بالاجنة ثم ثنى الاطراف .

العملية الثالثة – ثنى كل من الطرفين الى الخارج .

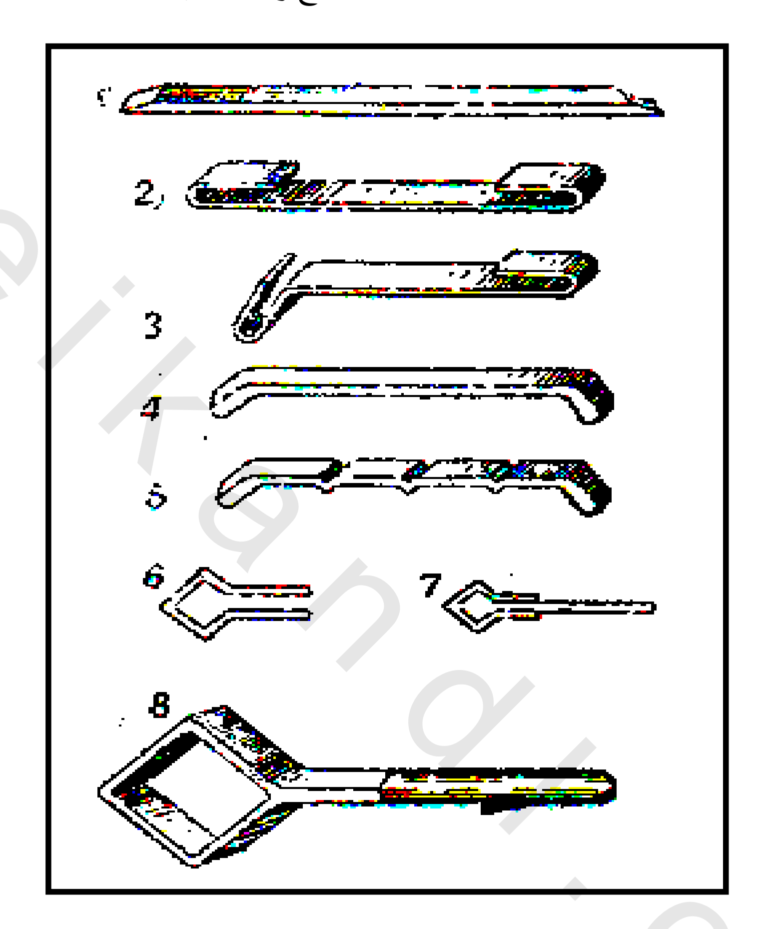
العملية الرابعة – تسخين احد الطرفين الى درجة اللحام ثم طرقه حتى يلتحم، ونكرر العملية بالنسبة للطرف الاخر .

العملية الخامسة – خصرة وسط الخوصة لتكوين الاركان .

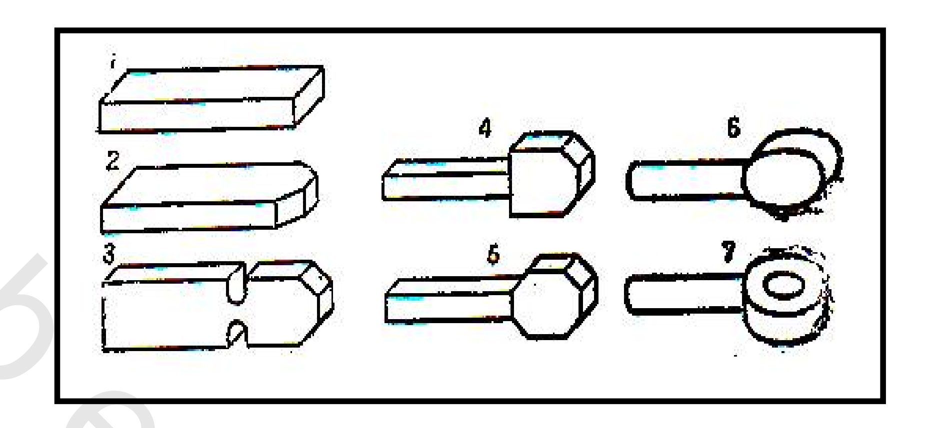
العملية السادسة – ثنى الخوصة فى اماكن الخصر للحصول على شكل المفتاح .

العملية السابعة - وضع اليد بين الطرفين و التسخين حتى درجة اللحام .

العملية الثامنة – استعدال المفتاح و تشطيب مقاساته .



شكل رقم 146 ، طرق مفتاح صواميل



شكل رقم 147 ، طرق اذن شدادات فرامل

طرق اذن شدادات فرامل (شكل 147) :

العملية الاولى – قطع الطول المناسب من خوصة .

العملية الثانية – تسخين الخامة و شطف ركنين من اركانها .

العملية الثالثة – خصر الخامة بازالة جزئين منها بالمقطع من الجانبين .

العملية الرابعة – تسخين الخامة و سحب طرفها الايسر .

العملية الخامسة – تسخين الرأس و شطف الركنين الاخرين .

العملية السادسة – تدوير الحلقة و النصاب .

العملية السابعة – ثقب فى فتحة بالحلقة – التدوير و التسوية .

2- **الحدادة على المطارق** :

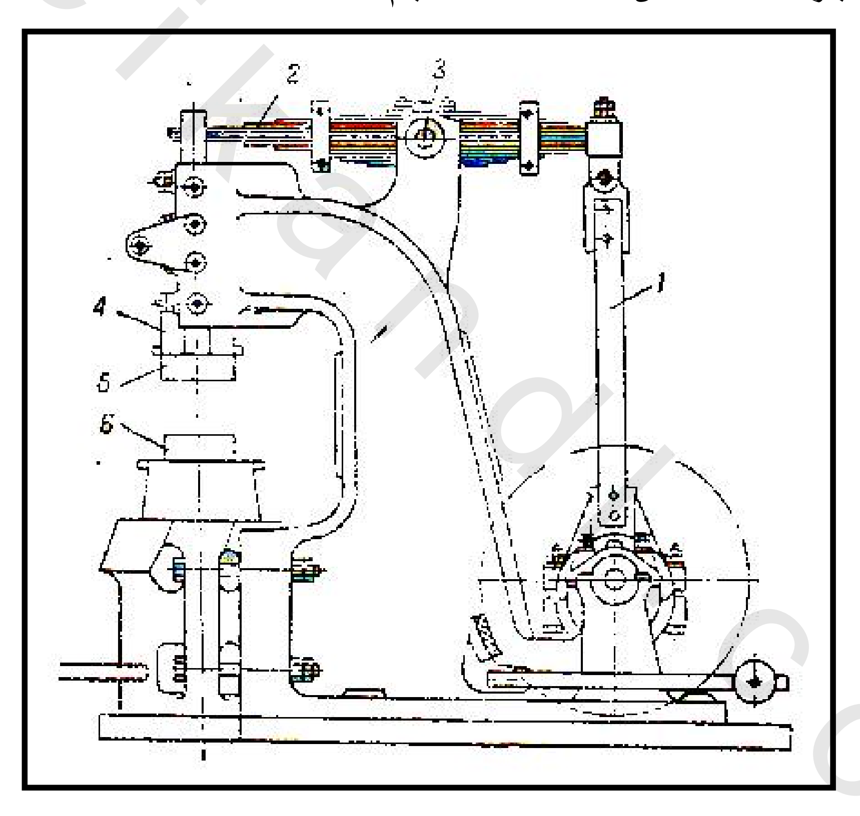
تجرى الحدادة الميكانيكية على المطارق و المكابس وهى اهم وسائل الطرق الحر فى الصناعة الميكانيكية الحديثة، و تحدث المطارق تأثيرها فى المعدن بطرقات مفاجئة، فى حين تحدث المكابس ضغطا تدريجيا يستمر لمدة طويلة على المطروقة، وتوصف المطارق الميكانيكية بوزن الاجزاء الساقطة و تنقسم حسب مبدأعملها الى مطارق ميكانيكية التشغيل و مطارق بخارية هوائية .

و من المطارق الميكانيكية التشغيل المطارق السوستية و المطارق الهوائية، وهذه المطارق محرك كهربائى و تستعمل للطرق الحر للمصنوعات الصغيرة الحجم و بشكل (148) اوردنا رسما لاحد تصميمات المطرقة السوستية، ويحرك عمود المرفق الذراه المرفقى 1 الذى يتصل بالسوستة 2 مفصليا، و تتأرجح السوستة على محور 3 و تتصل السوستة بالدقاق 4 و هو معلق عليها تعليقا حرا و ينزلق فى مجارى، و عند دوران عمود المرفق يرتفع الدقاق و يهبط و يدق البلص 5 الخامة الموضوعة على السندان 6 .

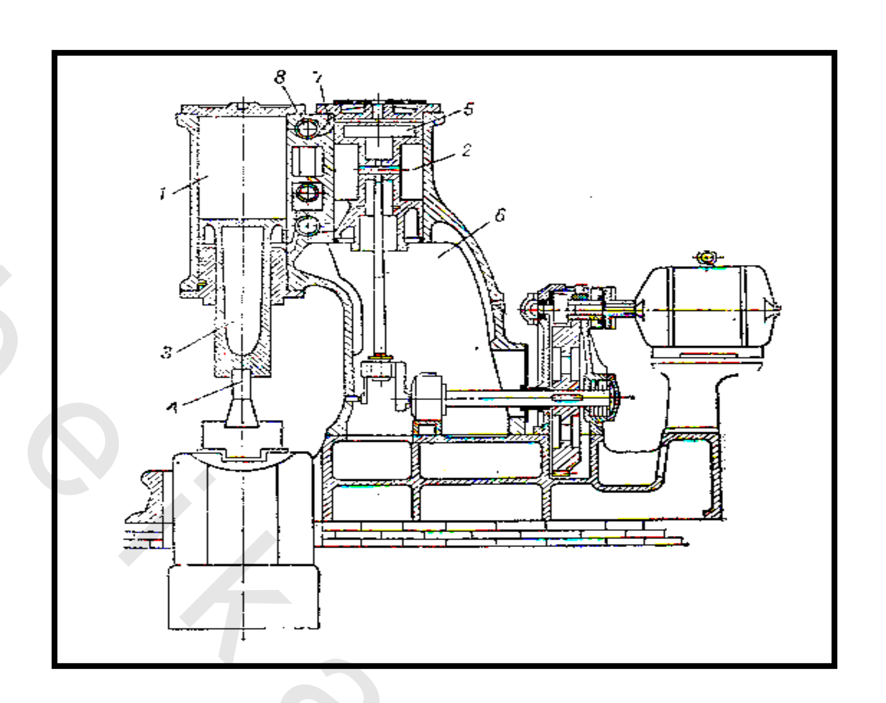
و عدد الضربات فى الدقيقة باحتساب تأثير السوستة يتراوح 300 – 120 ز يصل وزن الاجزاء الساقطة فى مثل هذه المطارق الى 30 – 250 كجم ، و تستعمل هذه المطارق لطرق المصنوعات الرقيقة التى تبرد بسرعة .

و بالمطرقة الهوائية (شكل 149) اسطوانتان : الاسطوانة العاملة 1 و اسطوانة الضغط 2، ويتحرك فى الاسطوانة العاملة مكبس دقاق 3 و يركب به البلص 4، اما المكبس الكابس 5 فتحركه

تركيبة مرفقية 6 فيكبس الهواء الذى امتصه فى النصفين العلوى و السفلى من اسطوانة الضغط على الترتيب . و يذهب الهواء المكبوس بواسطة القنوات 7 الى تجويف الاسطوانة العاملة مما ينتج عنه اصطدام الدقاق بالسندان او ارتفاعه، ويجرى دخول الهواء و خروجه من الاسطوانة العاملة بواسطة الصمامات 8 التى تحركها مقابض او بدال، ويسمح وجود الصمامات باجراء طرقات منفصلة اوتوماتيكيا و بالاضافة الى ذلك يسمح بابقاء الدقاق فى الوضع العلوى و يتراوح وزن الاجزاء الساقطة من 50 – 1000كجم .



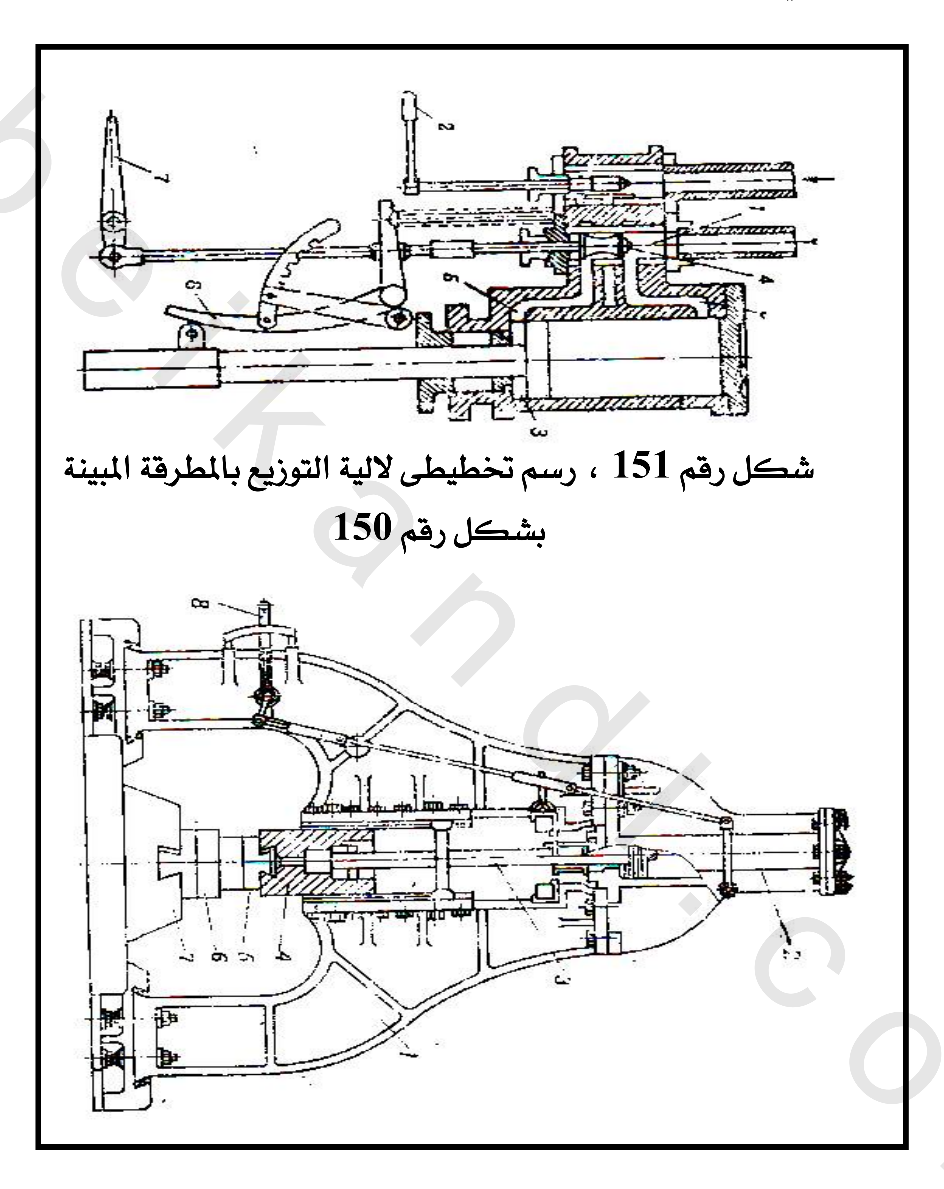
شكل رقم 148 ، المطرقة السوستية



شكل رقم 149 مطرقة هوائية

و تستعمل المطارق الهوائية لطرق المطروقات الواجهية التى يصل وزنها الى 20 كجم و يتراوح وزن المطروقة البسيطة من 20 – 200 كجم، و تطرق المطروقات المتوسطة الوزن على المطارق البخارية – الهوائية المباشرة العمل او المزدوجة العمل . و بشكل (150) بينا مطرقة بخارية هوائية مزدوجة القاعدة مزدوجة العمل، و الاسطوانة العاملة 2 مثبتة باعلى البدن 1 ، و يتحرك بداخلها المكبس المتصل بالقضيب 3، و يتصل الطرف الاسفل للقضيب بالدقاق 4 و به البلص 5 الذى يمكن تغييره و الذى يقوم بطرق المعدن على البلص السفلى 6 و يوضع البلص السفلى على كتلة 7 عبارة عن مسبوكة ضخمة .

و يركب البدن و الكتلة على اساس معقد التركيب، و يجرى باستعمال اليد 8للتحكم فى تركيبة التوزيع و بشكل (151) رسم منفصل يبين هذه التركيبة .



شكل رقم 151 ، رسم تخطيطى لالية التوزيع بالمطرقة المبينة بشكل رقم 150

شكل رقم 150 ، مطرقة بخارية – هوائية مزدوجة القاعدة

و يدخل البخار او الهواء المضغوط فى الصمام المكبسى 1 بتحريك اليد 2 و لرفع المكبس 3، و معه الاجزاء المتحركة الى اعلى ويدخل البخار او الهواء المضغوط اسفل المبكس، وللطرق يدخل باعلى المكبس . و يجرى ادخال و اخراج البخار من تجويفى الاسطوانة بواسطة الصمام 4 خلال القنوات 5 و 6 و يحرك الصمام يدويا بواسطة اليد 7 او عند التشغيل الاوتوماتيكى بواسطة الذراع 8، و يتصل ذراع التحكم الاتوماتيكى (السيف) مفصليا بشداد الصمام، وهمذا فانه يقوم بتأرجحه عند حركة الدقاق بتحريك الصمام اوتوماتيكيا هى المهمة التى كان يقوم بها العامل على الماكينة فى حالة التشغيل اليدوى ، وتصميم المطارق البخارية الهوائية الفردية البدن بوزن للاجزاء الساقطة (المكبس و قضيب المكبس و الدقاق و البلص) لا يزيد عن 2 طن، وتكون المطارق الضخمة (حتى 5 اطنان) ذات بدن مزدوج و مجارى لحركة الدقاق تضمن عدم ميل القضيب عند العمل، و المطارق البخارية الهوائية سهلة التشغيل و يمكنها ان تقوم بالطرق بقوى مختلفة، ويمكن بها ابقاء الدقاق فى وضعه العلوى، او ضغط المطروقة بواسطته . و تستعمل هذه المطارق لمختلف العمليات فى الحدادة الحرة للاجزاء المتوسطة الوزن .

و سنبين كمثال لعمليات التشغيل على المطرقة البخارية الهوائية طرق ترس بذنبة (شكل 152) :

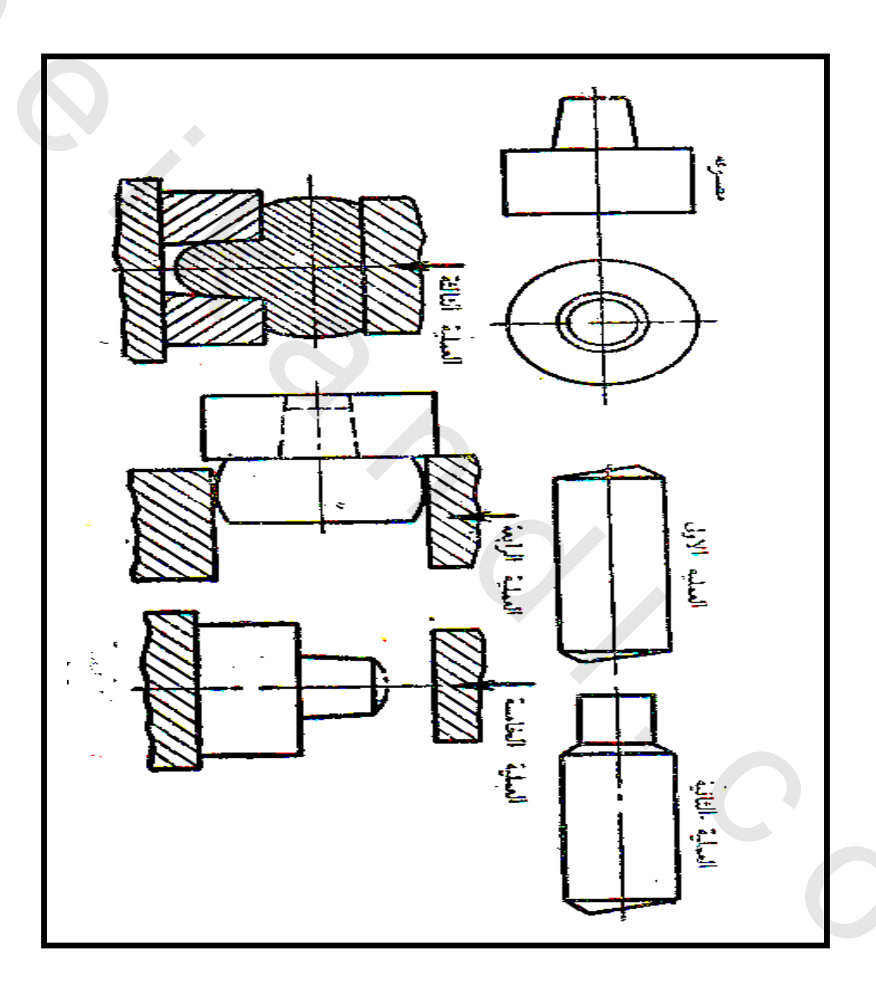
العملية الاولى – تسخين قضيب مدرفل و قطع خامة بالطول المطلوب بالمقطع .

العملية الثانية – تسخين الخامة و سحب الذنبة تحت البلصين بالقطر و الطول المطلوبين .

العمليـة الثالثـة – كـبس الخامـة باسـتعمال الحلقـة و يكـبس الجزء الاكبر .

العمليـة الرابعـة – تـدوير السـطح الاسـطوانى للـترس و الخامـة مازالت بالحلقة و استعمال الطرفين و ازالة الحلقة .

العملية الخامسة – استعدال تحدب الذنبة .



شكل رقم 152 ، طرق ترس بعامود قصير

3- الطرق على المكابس الهيدروليكية :

تستعمل المكابس الهيدروليكية للحصول على المطروقات الثقيلة من المسبوكات التى يتراوح وزنها من 1 – 250 طن، وتتميز المكابس عن المطارق بكونها تشكل المعدن دون صدمات بالتأثير عليه بقوة ستاتيكية، ويصل ضغط المكابس الهيدروليكية الحديثة المستعملة للطرق الحر من 500 – 10000 طن و ضغط المكابس المستعملة للكبس فى اسطمبات يصل الى 20000 طن .

و بشكل (153) رسم تخطيطى لتركيب المكبس الهيدروليكى، ويتكون بدن المكبس من اربعة اعمدة 1 مثبتة بزهرة الاساس السفلية 2 و ترتبط من اعلى بالعارضة الثابتة 3، وبهذه العارضة تركب الاسطوانة العاملة 4 و الرافعة 5 .وتقوم الاعمدة بتوجيه العارضة المتحركة 6 التى تحمل البلص العلوى 7 و يثبت البلص السفلى 8 بزهرة الاساس . و ترتبط العارضة المتحركة بمكبس الاسطوانة العاملة 9 كما تربطها الشدادات 10 الى عارة الاسطوانة الرافعة 11، و يحتاج تشغيل المكبس الى ضغط مائى لا يقل عن 200 ض.جـ، ويحصل على هذا الضغط باستعمال وحدة طلمبة – مركم .

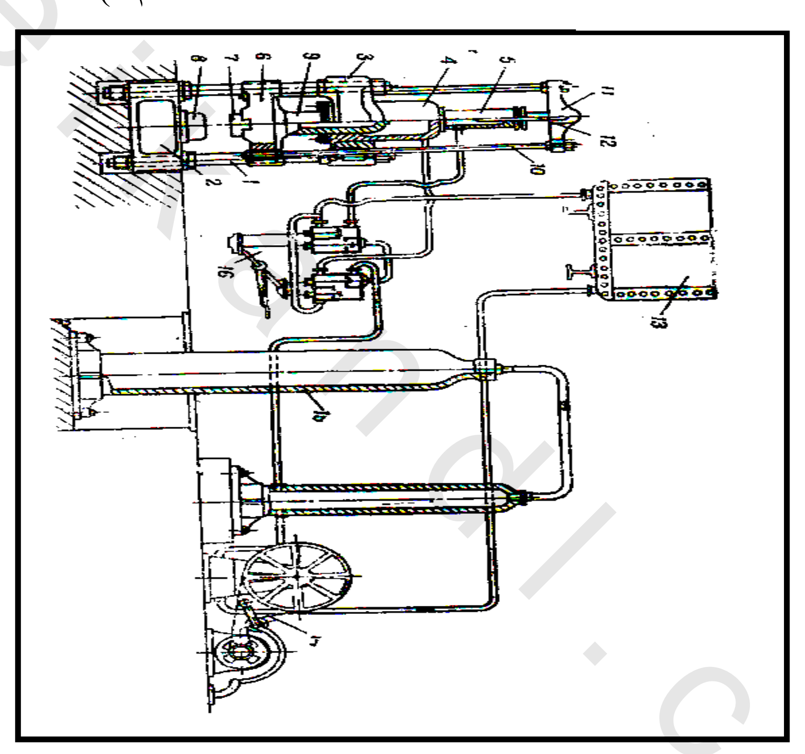
فعند دخول الماء تحت ضغط فىالاسطوانة العاملة يتحرك المكبس و معه العارضة المتحركة الى اسفل مشكلا الخامة الموجودة بين البلصين، و لرفع العارضة المتحركة و المكبس يدخل الماء تحت الضغط تحت المكبس 12 للاسطوانة الرافعة، ويذهب الماء العادم من هاتين الاسطوانتين الى الخزان 13 ومنه تضخه الطلمبة 14 الى المركم 15 ومنه يغذى الماء خلال موزع الماء 16الى الاسطوانة الرئيسية او الرافعة، وفائدة المركم هة تجميع الماء تحت ضغط عال فى فترات

وقوف المكبس و الاحتفاظ بضغط ثابت للماء بالنظام و يسمح وجوده باستعمال طلمبات منخفضة القدرة، ويمكن ان تكون المراكم ثقيلة او هوائية هيدروليكية عديمة المكبس، و تستعمل هذه الاخيرة على نطاق واسع و يحدد الضغط P الذى يولده المكبس من المعادلة :

$$P = P(\pi D^2/4)$$

قطر مكبس الاسطوانة العاملة (سم)

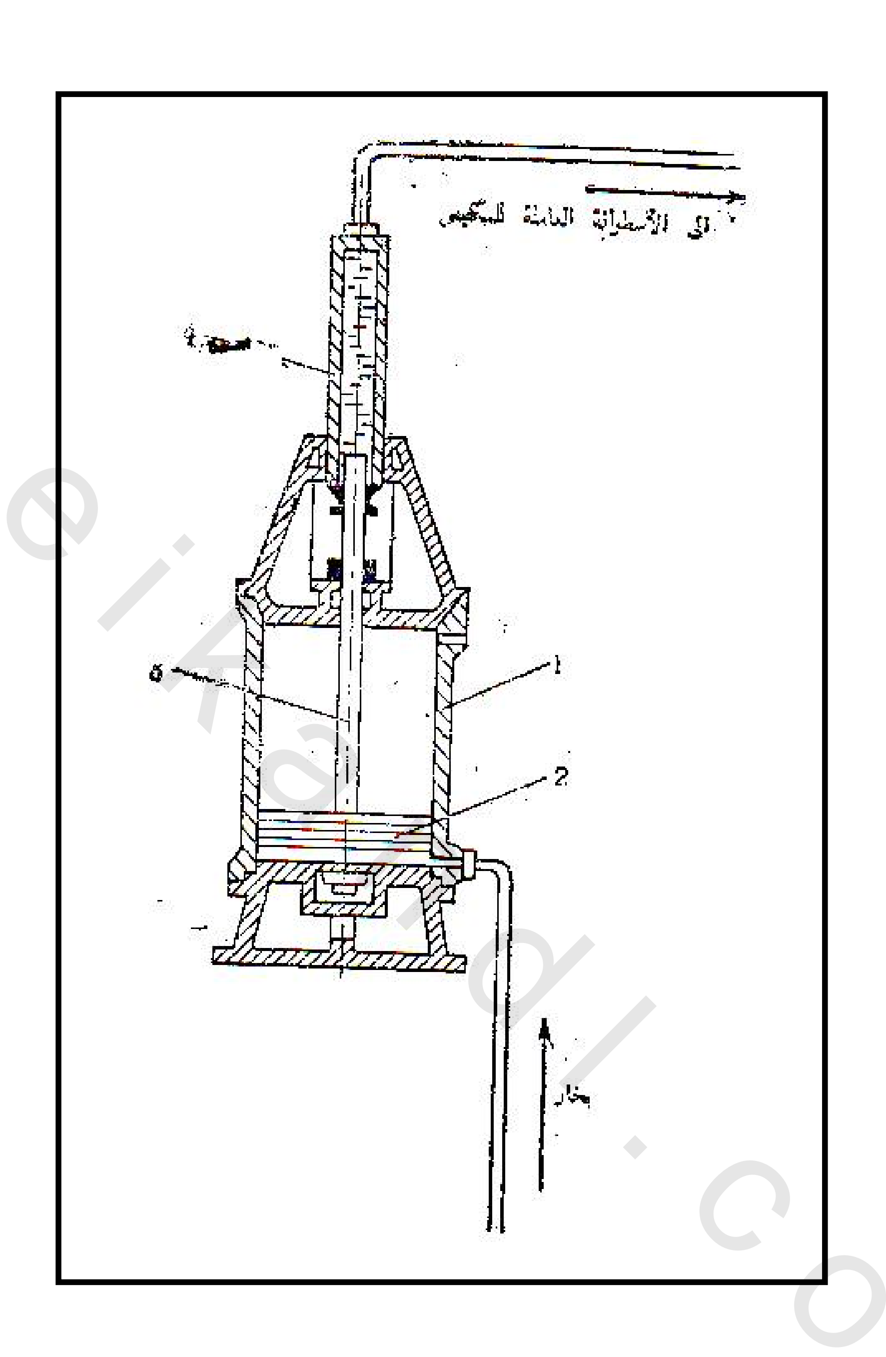
ضغط السائل فى الاسطوانة العاملة للمكبس (كجم/ سم2)



شكل 153 رسم تخطيطى لمكبس هيدروليكى بمركم هوائى – هيدروليكى عديم المكبس

المكابس البخارية الهيدروليكية :

تعمل بدون طلمبة او مركم، ومصدرالماء العالى الضغط بها جهاز خاص هو المكبر و به يتحول الضغط المنخفض للبخار الى ضغط عال للماء (400 ض.جـ)، ويركب المكبر (شكل 154) منفصلا او على الاسطوانة العاملة للمكبس الهيدروليكى مباشرة، ويتركب المكبر من اسطوانة كبيرة 1 يحرك ضغط البخار (10 ض.جـ) بها مكبسا 2 و يدخل قضيب المكبس 3 فى الاسطوانة الهيدروليكية 4 فيضغط الماء الموجود بها ضغطا شديدا و يذهب هذا الماء الى الاسطوانة العاملة للمكبس، ويكون ضغط الماء الناتج اعلى من ضغط البخار بنسبة تساوى نسبة مساحة المكبس البخار الى مساحة مكبس الماء، والمكابس البخارية الهيدروليكية اقل اقتصادية من المكابس الهيدروليكية بالرغم من كون تركيبة تحريكها ابسط من التركيبة المحركة لهذه الاخيرة، وبالاضافة الى الادوات المساعدة المستخدمة فى الحدادة اليدوية على المكابس فان هناك ماكينات خاصة تستعمل بالمصانع الحديثة تسمى بالمشغلات تستعمل لامساك و تحريك و تقليب المسبوكات و الخامات الكبيرة .



شكل رقم 154 ، المكبر



الباب الرابع و العشرون

الكبس فى القوالب (الاسطمبات)



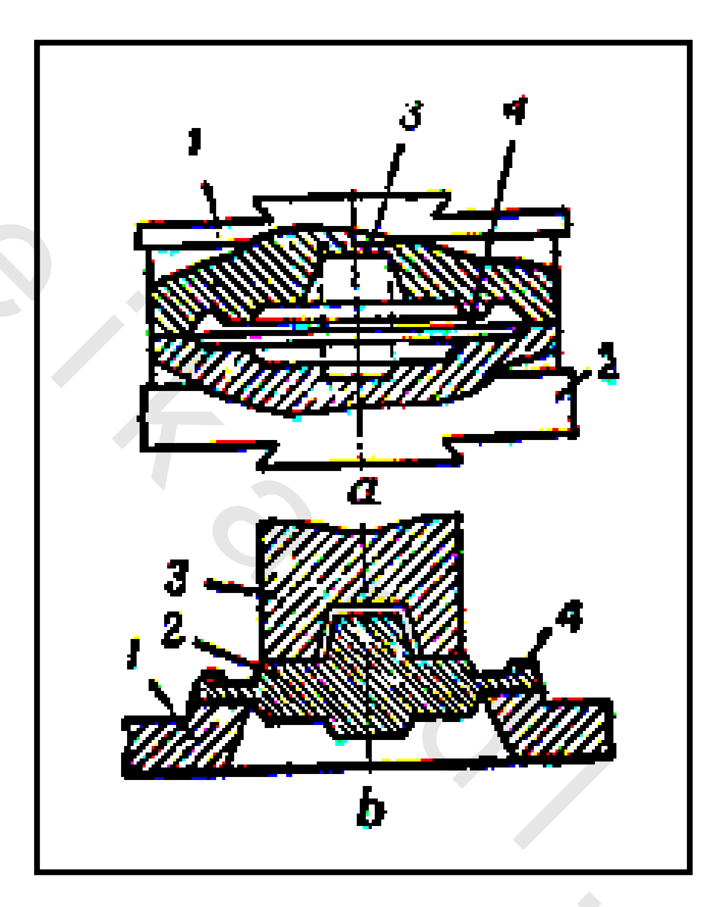
1- الكبس فى قوالب الكبس (الاسطمبات) على الساخن :

و يستعمل لتقريب شكل و مقاسات المطروقات الى اشكال وابعاد الجزء التام الصنع، وتتميز هذه الطريقة بدقو و انتاجية اعلى من دقة و انتاجية الطرق الحر.

و عند الطرق فى الاسطمبات يمكن تقليل علاوة التشغيل الميكانيكى و تفاوت ابعاد المطروقة، و بالاضافة الى ذلك يصبح فى الامكان الحصول على الوضع المطلوب للالياف بالمطروقة مما يرفع من متانتها، ولما كانت تكاليف الاسطمبات عالية فان استخدام الاسطمبات يكون موافقا للانتاج و بالمجموعات و بالجملة، والالة الاساسية فى الكبس فىالاسطمبات هى الاسطمبة و هى عبارة عن قالب من الصلب يقابل تجويفها (المجرى) شكل المطروقة المطلوب صنعها، و المادة المستعملة لصناعة الاسطمبات هى الصلب الكربونى الجيد ماركة y8A و تصنع الاسطمبات الهامة من صلب العدة السبيكى الجيد .

و تتكون الاسطمبة (155) من جزئين العلوى 1 و يثبت الى دقاق المطرقة و السفلى 2 و يركب على وسادة على السندان، وتوضع فى تجويف النصف السفلى من الاسطمبة الخامة المسخنة 3، ويملأ المعدن تحت تأثير طرقات النصف العلوى من الاسطمبة كل تجويف الاسطمبة و تنضغط الزيادة فى المعدن (الزعانف) الى قناة خاصة 4 وتصل نفاية المعدن الزائدة الى 15 – 20 ٪ من وزن المطرقة، ويجب ان تكون جدران تجويف الاسطمبة (يسمى احيانا بالمجرى) المسلوبة بزاوية من 3 – 15 ^{o} لتسهيل اخراج المطروقة الجاهزة، وتتراوح علاوة التشغيل من 1 – 3 مم، و يسمح بتفاوت فى ابعاد المطروقة نصف ما يسمح به

عند الطرق الحر، و يذهب الجزء المطروق بعد ذلك عند الى مكبس لقطع الزعانف فى اسطمبة قطع خاصة، كما هو مبين بشكل (155)،ويمكن ان تكون الاسطمبات وحيدة المجرى او كثيرة المجارى.



شكل رقم 155 ، قوالب الكبس :

a- قالب الطرق . 1- القالب العلوى . 2- القالب السفلى . 3- الخامة قبل الكبس . 4- المطروقة .

b- قالب القص . 1- انثى القالب . 2- المطروقة . 3- ذكر القالب .
4- الزوائد

و عند الكبس فى اسطمبات وحيدة المجرىتطرق الخامة مبدئيا طرقا حرا ثم تكبس فى الاسطمبة الوحيدة المجرى بعد تسخينها مرة اخرى بحيث تتخذ الشكل المطلوب و بعد ذلك تقطع الزعانف .

و يجرى الكبس فى اسطمبات كثيرة المجارى بها عدة مجارى للكبس المبدئى و النهائى و قطع الزعانف، و تجرى فى مجارى الكبس المبدئى عمليات تحضيرية كالسحب و الثنى و الفرد و العصر و غيرها و تكون هذه المجارى عند حافة الاسطمبة . و تكون مجارى الكبس النهائى للكبس الخشن والتشطيب، و بهذه المجارى قنوات لخروج الزعانف و توجد هذه المجارى بوسط الاسطمبة .

و يستعمل مجرى القطع لفصل المطروقة عن القضيب او الزعانف المحيطة، و يستعمل الكبس فى الاسطمبات كثيرة المجارى فى الانتاج بالجملة للاجزاء المتوسطة التعقيد و الحجم .

و يؤدى عدم تساوى تبريد الاماكن المختلفة من الجزء المكبوس الى حدوث اجهادات داخلية بالمعدن مما قد ينجم عنه حدوث شروخ، و لهذا فان المطروقات الواجهية تتطلب معاملتها حراريا بعد كبسها .

و شكل (156) يبين عمليات كبس ذراع المرفق فى اسطمبة كثيرة المجارى :

العملية الاولى : قطع الخامة ذات الطول المحدد الى ذراعين .

العملية الثانية : سحب المنتصف الى المجرى الموجودة باقصى اليمين .

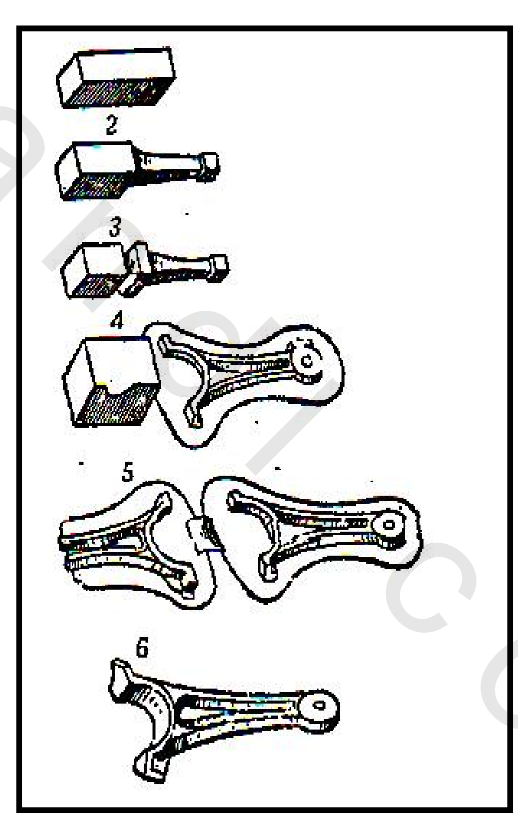
العملية الثالثة : تجميع مادة الرؤوس فى المجرى الموجود باقصى اليسار .

العملية الرابعة : الكبس المبدئى فى مجرى المكبس الخشن .

العملية الخامسة : الكبس النهائى فى مجرى التشطيب .

و بعد ذلك تكرر هذه العمليات الخمس للنصف الثانى من الخامة نحصل على ذراعين للمرفق يتصلان بواسطة الزعانف .

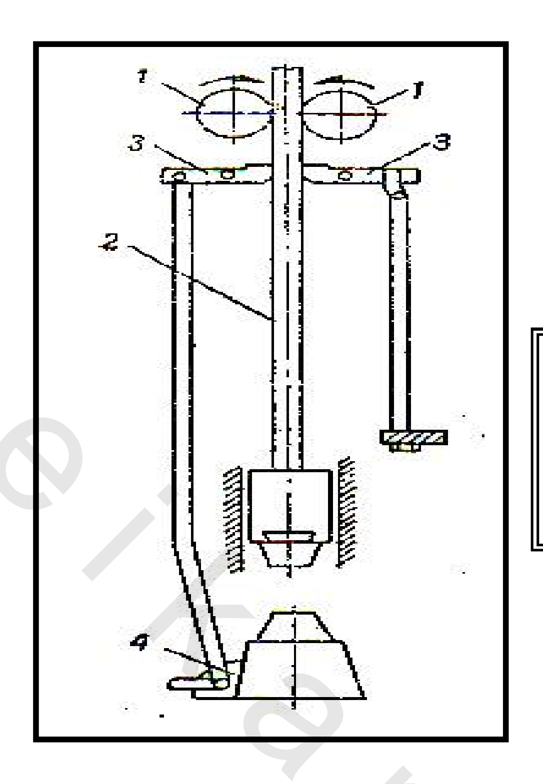
العملية السادسة : قطع الزعانف فى اسطمبة قطع على مكبس مرفقى .



شكل رقم156 ، كبس ذراع المرفق

و يجرى الكبس فى الاسطمبات على الساخن على المطارق البخارية الهوائية و الاحتكاكية ، وكذلك باستعمال المكابس . وبالمطارق البخارية الهوائية المستعملة فى الاسطمبات يثبت البدن الى السندان بمسامير ذات زنبرك حتى يكون الاتصال بينهما مرنا ، ويتحرك دقاق المطرقة فى مجارى موجهة لا يفترق عنها حتى نهاية مشواره العامل، و لتسهيل التحكم فى المطرقة ينفذ ذلك بواسطة بدال .

و بالمطارق الحتكاكية ذات اللوح الخشبى (شكل 157) يكون المردود اعلى من مردود المطارق البخارية الهوائية ، و تدور البكرتان الصلب 1 اللتان يحركهما محرك كهربائى فى اتجاهين متضادين فيرتفع اللوح الخشبى 2 المثبت به الدقاق و الذى تضغط عليه البكرتان الى وضعه العلوى حيث تقبض عليه كامات الفرملة 3 و فى هذه اللحظة تترك البكرتان اللوح، وبالضغط على البدال 4 تنفصل الكامتان و تحدث الطرقة ، ويصل وزن الاجزاء الساقطة الى 3 اطنان و يصل الارتفاع الذى يسقط منه الى 2 مترو يتسم الكبس فى الاسطمبات علىالمطارق بعدد من العيوب الهامة (بدائية طريقة التحريك و المردود المنخفض و غيرهما) و لذلك تحل محله فى الوقت الحاضر الطرق الاكثر تطورا و بوجه خاص الكبس فى اسطمبات على الساخن على المكابس المرفقية .



شكل رقم 157 ، مطرقة احتكاكية بلوح

و بشكل (158) كينيماتى (حركى) للمكبس المرفقى، ويحرك المحرك الكهربائى 1 الطارة 2 المثبتة على عمود النقل 3 و على طرفه الاخر ترس صغير 4 الذى يحرك الترس الكبير 5 الحر الحركة على العمود المرفق 6، ويتم اتصاله بالترس 5 بواسطة قابض (كلتش) احتكاكى 7 يعمل بالهواء المضغوط . و عندما يبدأ عمود المرفق 6 فى الدوران يحرك ذراع المرفق 8 الذى يحرك بدوره المنزلق 9 المتصل به حركة ترددية عكسية . و لايقاف المكبس يفك تعشيق القابض 7 وتشغيل الفرملة 10 بواسطة تركيبة البدال . و تجهز المكابس المرفقية للكبس على الساخن بقوة من 200 – 10000 طن، وتستعمل للكبس اسطمبات خاصة ذات مجارى تركب و تنزع بسرعة، وتنظف الخامات المسخنة قبل الكبس من الاكاسيد و عند التسخين بالحث الكهربائى

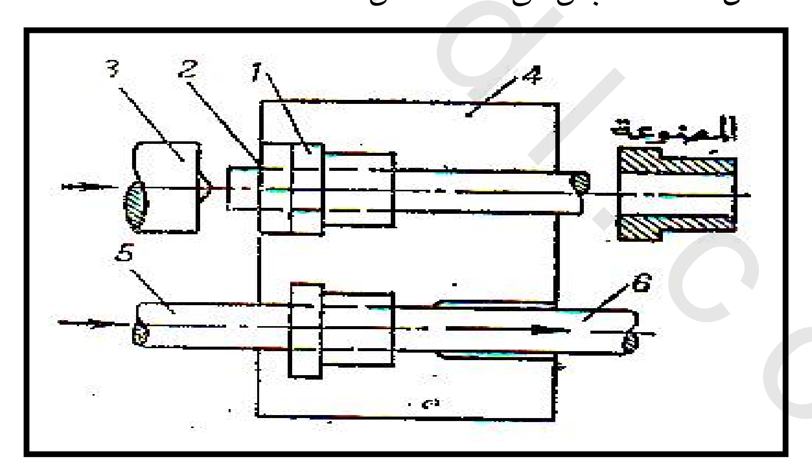
لا تتكون عمليا اى اكاسيد . و تعتبر المكابس المرفقية للكبس على الساخن معدات اكثر تطورا من مطارق الكبس، وتستعمل فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى الانتاج بالحدادة، و يمكن استعمال هذه المكابس فى الحصول على مطروقات متباينة التعقيد عالية الدقة فى المقاسات . و بالاضافة الى الانتاجية العالية و تحسين صفات المنتجات فان الطريقة المذكورة توفر المعدن الى حد كبير و تخفض كثيرا من نفقات التشغيل .

شكل رقم 158 ، رسم تخطيطى لعمل المكبس المرفقى

الكبس فى الاسطمبات على ماكينات الكبس الافقية :

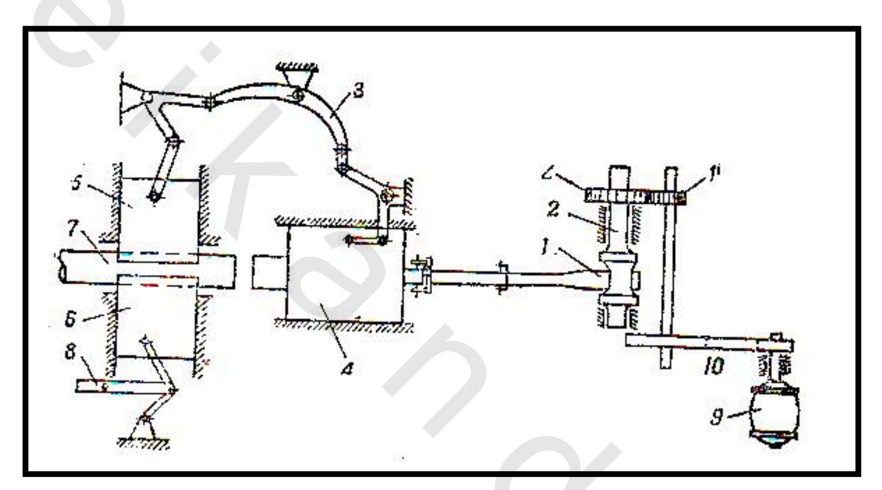
تعتبر ماكينات الكبس الافقية من مجموعات المكابس المرفقية التى يتحرك فيها المكبس العامل فى مستوى افقى، و بالاضافة الى الانتاجية العالية تعطى ماكينات الكبس الافقى منتجات عالية

الجودة كما ان الزعانف بها صغيرة و تكاد تكون منعدمة تماما كما ان سطح المنتجات نظيفا مما يسمح بترك علاوات تشغيل ميكانيكى اقل ما يمكن و تكون الخامات المستعملة للكبس الافقية عادة عبارة عن قضيبان، وتحدد قوة ماكينات الكبس الافقية باقصى قوة كبس تعطيها الماكينة و تحسب بالطن، واهم العمليات المجراة على ماكينات الكبس الافقية هى الكبس الجزئى . و بشكل (159) حلقة بشفة تنتج بالكبس الجزئى و للحصول على الحلقة يوضع الطرف المسخن لقضيب 1 فى مجرى الكبس الجزئى 2، وعند تشغيل الماكينة يتحرك المكبس 3 فى مستوى افقى و فى نفس الوقت يمسك جزء القضيب بين الجزئين المتحرك و الثابت للاسطمبة 4، ويكبس الجزء البارز من القشيب بواسطة المكبس فيملأ تجويف المجرى المعد لذلك، وبعد ذلك ينقل القضيب الى المجرى الثانى و به يكون حرا دون تثبيت، ويقوم المكبس 5 بثقب الحلقة، ويخرج معه القضيب فى اتجاه السهم 6، و يجرى الكبس الجزئى عادة بالتسخين مرة واحدة و يصل الضغط المستعمل عند الكبس الى 3000 طن .



شكل رقم 159 ، كبس الحلقة

و بشـكل (160) رسـم تخطيطـى لعمـل ماكينـات الكـبس الافقية ، وبها يتصل ذراع المرفق 1 بعمود المرفق 2 و توفق الآلية الرافعة 3 حركتى المنزلق 4 و الاسطمبة القابضة 5 فتقبض على القضيب 7 اثناء حرجة المنزلـق بـين الاسـطمبتين 5 و 6 و يكـبس بمكـبس المنزلـق 4، ويحـرك الماكينـة محـرك كهربـائى 9 يحـرك الـتروس 10 التـى تنقـل الـدوران الى الـترس 11 المعشـق مـع الـترس الكـبير 12 المركـب علـى المرفق2 .



شكل رقم 160 ، رسم تخطيطي لماكينة الكبس الافقية

و عند العمل على ماكينات الكبس الافقية تراعى القوعد التالية :

1- لا يزيدجزء القضيب البـارز مـن كتلـة الاسـطمبات و الـذى يمكـن كبسه فى مشوار واحد للماكينة عن ثلاثة امثال قطره .

2- عند كبس جزء بارز من القضيب يزيد طوله عن ثلاثة امثـال قطـره يجب استعمال مجارى انتقالية مخروطية .

و تستعمل ماكينات الكـبس بالمصـانع ذات الانتـاج بمجموعـات كـبيرة و الانتـاج بالجملـة و التـى تنـتج اجـزاء صـغيرة الحجـم متوسـطة

التعقيد مثل الصمامات و الجلب و حلقات كراسى المحاور الكرية الفلانشات و غيرها .

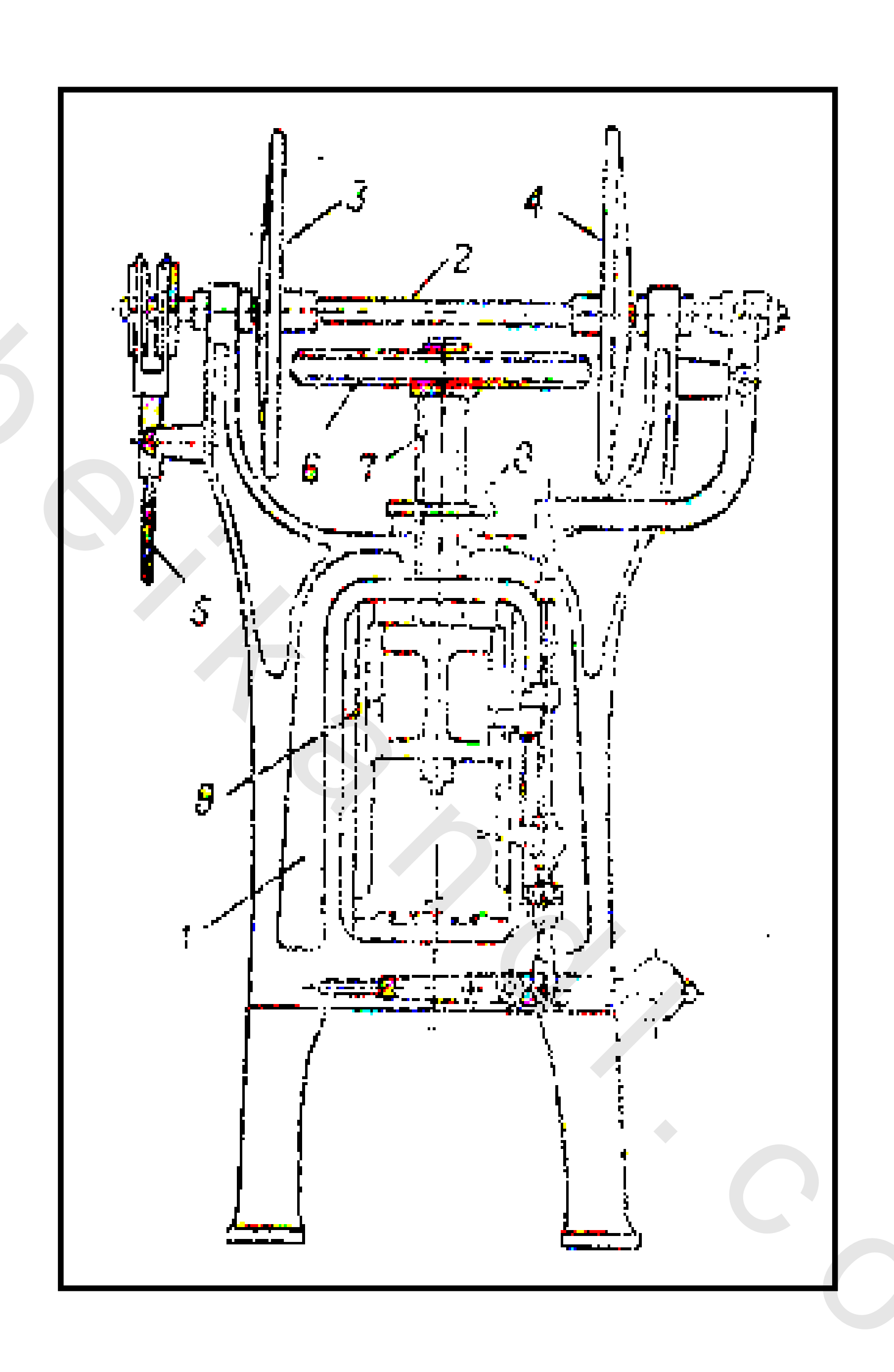
ماكينات الثنى (البولدوزر) :

و تستعمل الجراء عمليات الثنى فى اسطمبات عند صناعة الاجزاء المختلفة من خامات مدرفلة .

المكابس الاحتكاكية :

و تستعمل على نطاق واسع فى انتاج مختلف المطروقات الصغيرة بمجموعات صغيرة و بالجملة و التى تنتج على المطارق الكابسة او على ماكينات الكبس الافقية .

و يتكون المكبس الاحتكاكى اللولبى (شكل 161) من بدن 1 يدور على كراسى محور باعلاه عمود 2 مثبت عليه قرصان من الزهر 3 و 4، ويمكن بواسطة يد 5 تحريك العمود باتجاه محور بحيث يلمس احد القرصين الحدافة 6المغلفة بالجلد، وعند ضغط القرص الدائر 3 الى الحدافة تدور هذه الاخيرة نتيجة لاحتكاكها بالقرص، فيتحرك اللولب 7 المتصل بها داخل الصامولة 8 الى اسفل دافعا المنزلق 9. و لما كانت السرعة المحيطية للحدافة تزداد تدريجيا فان البلص المثبت على المنزلق يطرق المطروقة، و بضغط القرص 4 على الحدافة تبدأ فى الدوران فى الاتجاه العكسى فيتحرك اللولب فى الصامولة الىاعلى فيرفع المنزلق، ويلاحظ ان سرعة الرفع تتناقص تدريجيا . وتصمم المكابس اللولبية بضغط من 80 – 400 طن و ان كانت هناك مجموعة مكابس مصممة على ضغط يصل الى 2000 طن .



شكل رقم 161 ، مكبس احتكاكى

الكبس العيارى :

و هو عملية تشطيب فى التشغيل بالضغط .يمكن بواسطتها الحصول على منتجات ملساء السطح مضبوطة المقاسات، ويجرى الكبس العيارى على المكابس المرفقية التى تولد ضغطا يصل 400 – 2000 طن .

و قبل الكبس العيارى ينظف سطح المطروقات بعناية من الاكاسيد بالنمشى بالاحماض او بالمعاملة فى اجهزة التنظيف بتيار من الكسر او الرمل، و يمكن ان يكون الكبس العيارى فراغيا او مستويا و يستعمل الكبس العيارى الفراغى لتشطيب سطح المطروقة و زيادة دقة جميع مقاساتها و الحصول على وزن الدقيق، و يجرى الكبس العيارى فى اسطمبات خاصة ذات مجارى ينطبق شكلها و ابعادها على شكل المطروقة .

اما الكبس العيارى المستوى فيجرى فى اسطمبات اجزائها لبعاملة عبارة ان قوالب ملساء تضغط على المطروقة فى مستويات متوازية، وتكون السطوح المعايرة الناتجة ذات ملامسة عالية و تكون المقاسات بينها بتفاوت من - 0.2 او +0.2 مم الى - 0.05 الى +0.05 مم، و دقة الكبس العيارى المستوى اعلى بـ 30 – 40 ٪ من دقة الكبس العيارى الفراغى .

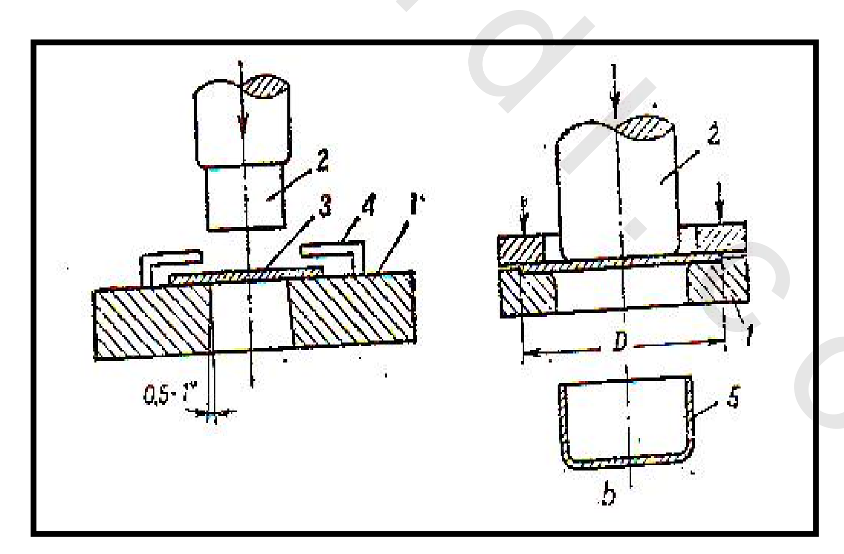
و الكبس العيارى عملية عالية الانتاجية لتشغيل المعادن بالضغط، تضمن الحصول على سطوح للمصنوعة بدقة تعادل الدرجة الثانية و الثالثة بالمواصفات القياسية السوفييتية دون تشغيل بالقطع، مما يخفض الى حد كبير من تكاليف المنتجات، ويستعمل الكبس العيارى

كـذلك للحصـول علـى رسـوم بـارزة و محفـورة و غيرهـا علـى سـطح المصنوعات .

2- كبس الالواح :

يستعمل كبس الالواح لصناعة المصنوعات الرقيقة من الالواح و الاشرطة و الخوص من مختلف السبائك . و من عمليات كبس الالـواح القص و الثنى و السحب، ويمكن ان يكون الكبس بسيطا عند اجراء عمليـة واحـدة او مركبـا .و يجـرى الكـبس علـى البـارد فـى المكـابس المرفقية و الاحتكاكية و كذلك على المكابس الهيدروليكية .

و تصنع بـالكبس اللـوحى الاجـزاء مـن الصلب المنخفض نسبة الكربون الغير قابل للصدأ و غيره من انواع الصلب و كذلك من مختلف السبائك الغير حديدية ، و فى الانتاج بالجملة للمصنوعات يجرى الكبس فى عدة عمليات تتم على مكـابس اوتوماتيكيـة خاصـة ، كمـا يسـتعمل الكبس اللوحى كذلك لصناعة الاجزاء من الواح المواد غير المعدنية .



شكل رقم 162 ، الكبس بالبارد :a- الكبس بالقص. b- الكبس بالسحب

الكبس القصى :

(شكل 162 ، a) و يستعمل لانتاج الاجزاء المستوية الشكل من الالواح . و يجرى الكبس بواسطة اسكمبة قص تتركب من اسطمبة (انثى) 1 و مكبس (ذكر) 2، وجدران الاسطمبة الداخلية ذات سلبية 0.5 – 10 ° لتسهيل سقوط الخامة المقصوصة، و عند عمل المكبس تقص الحروف الحادة للشكل العامل للمكبس جزءا من اللوح 3 الموضوع على الاسطمبة . و لتجنب رفع المكبس للجزء المثقوب عند حركته الراجعة يركب جزء 4 يسمى بالنازع ينزع اللوح من على المكبس عند حركته لاعلى .

الثنى :

و يستعمل لاعطاء الاشكال المختلفة لقطع الالواح و الشرائط فى اسطمبات الثنى، ويجب الا يقل نصف قطر الثنى عن حد معين و الا تحطم المعدن، ويجرى الثنى على المكابس المرفقية الافقية و الرأسية .

السحب :

و يستعمل للحصول على اجزاء كوبية الشكل من الخامات المستوية، وابسط اسطمبات السحب (شكل 162 ، b) تتركب من الاسطمبة 1 (الانثى) و المكبس 2 (الذكر) و توضع الخامة 3 ذات القطر D (ق) بثقب المركز بالاسطمبة و نضغط الضاغط 4 و نسحب بواسطة المكبس فتتحول الى كوب مجوف 5 . و يؤخذ الخلوص بين المكبس و الاسطمبة لتجنب الانثناء من 10 – 30 ٪ اكبر من سمك المادة .

و يجب ان يكون الكنتور العامل للمكبس مستديرا لتجنب حدوث قص، و لتقليل الاحتكاك بين الخامة و الاسطمبة يستعملل للتزييت بزيوت معدنية و حيوانية، يضاف اليها الطلق و الجرافيت و غيرهما و تصنع المصنوعات المعقدة الشكل بالسحب عددا من المرات و تعامل بعد كل منها بالتلدين، وفى الحالات التى لا تسوء فيها خواص المصنوعة بالتشغيل على البارد لا يستعمل التلدين .


obeikandl.com



القسم الخامس

لحام و قص المعادن





الباب الخامس والعشرون
اللحام بالقوس الكهربائى



اللحام عبارة عن عملية الحصول على وصلة غير قابلة للفك بالتسخين الموضعي لحروف الاجزاء الموصلة . و يمتاز اللحام بتحقيقه لوفر كبير في المعدن و تبسيطه لانشاء و تصميم المنشأت و توفير للوقت و القوة العاملة و بالتالى بخفضه لتكاليف المصنوعات . و تلعب وسائل اللحام الاوتوماتيكية دورا هاما فى ظروف الانتاج بالمجموعات، اذ تسمح بتشغيل عمال منخفضى الكفاءة المهنية و تحقق انتاجية عالية جدا ، وقد حل اللحام محل البرشمة حلولا تاما تقريبا و فى الوق ت الحاضر بدأت الانشاءات الملحومة تحتل بنجاح محل الاجزاء المطروقة و المسبوكة . و يمكن ان يكون المعدن عند اللحام فى حالة عجينية تشبه العجين و تلحم معا باستعمال قوة خارجية ، و يمتاز اللحام العجينى بثبات التركيب الكيميائى لمكان اللحم و تغيرات غير خطيرة مذكورة فى بنيته .

و يجرى اللحام بالصهر بتسخين حروف الاجزاء الموصلة الى حالة الانصهار ثم يتكون اللحام بتجمد حمام المعدن السائل . و فى اللحام بالصهر يتغير التركيب الكيميائى و بنية مكان اللحام مما يؤدى الى اختلاف خواص المعدن الاصلى و المعدن المصهور ، ومع ذلك فقد حظى هذا النوع من اللحام بأوسع انتشار نتيجة لاقتصادية العملية و امكان لحام الاجزاء مهما كان شكلها ، وقد يكون مصدر التسخين عند اللحام منطاقة كهربائية او كيميائية .

و عند استعمال الطاقة الكهربائية يمكن ان يكون اللحام بالقوس الكهربائى او بالتلامس . و من وسائل اللحام الكيميائي اللحام الغازى و الترميتى .

و سنوضح فى هذا القسم لحام بالقوس الكهربائي و لحام بالتلامس الكهربائى و اللحام الغازى و الترميتى، وكذلك سنشرح قص و لحام المعادن لاقصدير و المونة

1- انواع الوصلات الملحومة :

تستعمل حسب وضع الاجزاء الملحومة، و الاشكال التالية توضح الوصلات المحلومة :

1) الوصلات التناكبية (قورة على قورة) .

2) الوصلات التراكبية (شفة على شفة) .

3) الوصلات على شكل حرف T .

4) الوصلات الزاوية .

5) الوصلات الجانبية .

و بالوصلات التناكبية توصل الاجزاء الملحومة بسطوحها الطرفية و عندئذ يمكن ان يكون شكل الحروف مختلفا حسب سمك المادة (شكل 163، b) : 1- فتنثى حروف الالواح التى يقل سمكها عن 3 مم بحيث يكون ارتفاع الحرف المثنى ضعف سمك اللوح و تكون المادة المرسبة هى الحروف المثنية نفسها عندما تنصهر . 2- و تستعمل الحرزف العدلة للالواح ذات السمك من 3 – 6 مم .

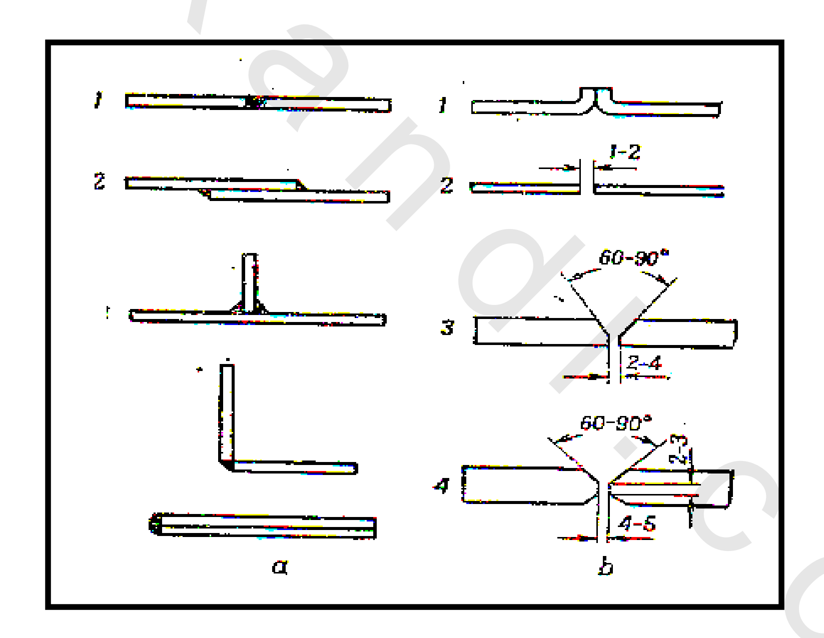
3- و تلحم الالواح ذات السمك من 5 – 30 مم بعد تجهيز حروفها بالشطف على شكل V . 4- و يوصى عند زيادة سمك المعدن عن 30 مم بتجهيز الحروف بالشطف من الجهتين على شكل X .

و فى اللحام التراكبى تطبق اطراف الالواح الملحومة احدهما على الاخر بمقدار 3 – 5 امثال سمك الالواح الملحومة ، ويجرى التوصيل على شكل حرف T بلحام احد اللوحين الى الاخر بحيث تكون الزاوية بينهما قائمة ، و تشبه الوصلات الزاوية الوصلات على شكل حرف T . اما الوصلات الجانبية فيجرى اللحام فيها بطرفين مجاورين، ويمكن ان يكون المقطع العرضى لدرزة (خط) اللحام :

1- عاديا . 2- مقعرا . 3- محدبا . (شكل 164، a)

و فى الاول يكون الارتفاع الحقيقى للحام مساويا للارتفاع المحسوب، وتنقسم درزات اللحام حسب وضع درزة اللحام بالنسبة لقوى المؤثرة الى :

1- عمودية . 2- جانبية . 3- مائلة. شكل (164، b) .



شكل رقم 163 ، الوصلات الملحومة :

a- انواع الوصلات الملحومة . b-تجهيز اطراف الالواح عند اللحام التناكبى .

و قد تكون الدرزات حسب وضع درزة اللحام فى الفراغ :
1) ارضية . 2) افقية. 3) رأسية . 4) علوية . شكل (164 ، c) و يوصى باستخدام الحام فى الوضع الارضى، اذ ا ن المعدن المنصهر يملأ بسهولة الانفصال بين اللوحين . و اصعب انواع اللحام هو العلوى و يجب قبل اللحام تجهيز الاجزاء الملحومة فى ورش التحضير .

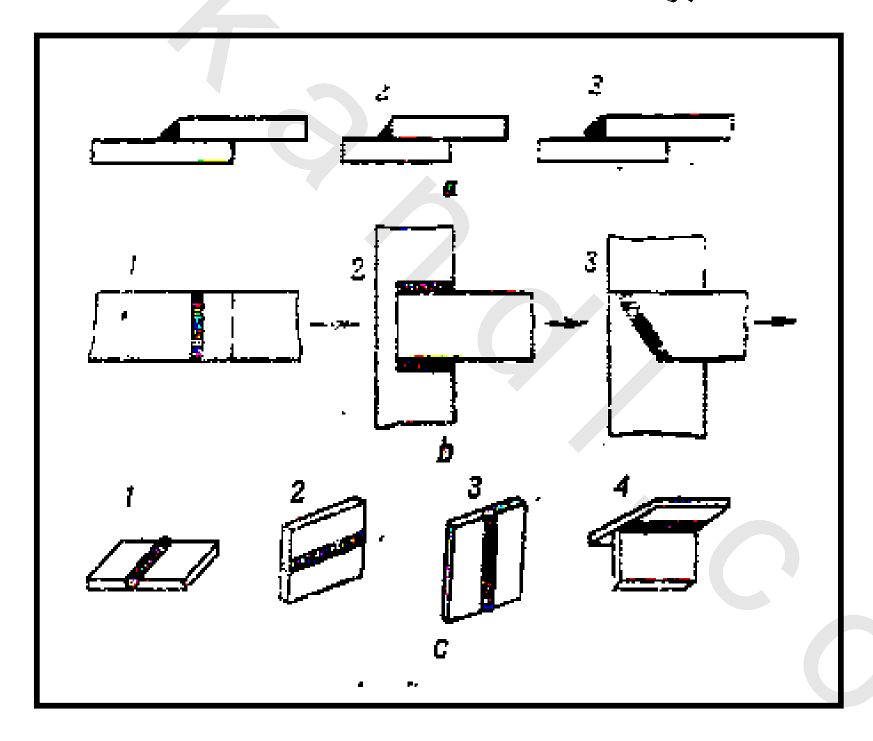
ومن عمليات التجهيز الاستعدال و الثنى و الشنكرة و القص وتجهيز الحروف، ويجرى استعدال و ثنى الالواح على البارد على درافيل استعدال الالواح و الزوايا او على مكابس الاستعدال و الثنى، وبعد ذلك ترسل الاجزاء المجهزة للشنكرة لرسم الخطوط الخارجية و المقاسات عليها حسب الرسم التشغيلى .

و تجرى الشنكرة بنسخ مقاسات الجزء و خطوطه الخارجية باستعمال طبعة، او بالرسم على الجزء رسما هندسيا حسب الرسم التشغيلى . و بعد الشنكطرة ترسل الاجزاء الى القص، وتقص الالواح على المقصات الجيلوتينية و القرصية، وتقطع الكمرات و المجارى و الموسير على المناشير الاحتكاكية . و تستعمل بنجاح للقطع القطعات اللهبية الغازية و تحرك على خط القطع يدويا باستعمال تركيبة خاصة، وللحصول على الابعاد النهائية المبينة بالرسم التشغيلى تشغل الحروف على مكاشط الحروف او تشذب بالمقطع المشغل بالهواء المضغوط ،وفى القطع بالقطاع الغازى تنطبق عمليتا القطع و تشذيب الحروف .

و تعتبر دقة المسافة الفاصلة بين الحروف و مراعاة الخلوص بينهما شرطا ضروريا لاتمام عملية اللحام الصحيح، وبعد فصل الحروف تنظف الاماكن المعدة للحام من الصدأ و الاكاسيد و القاذورات والبوية ثم ترسل للتجميع .

2- قابلية المعادن و السبائك للحام :

قابلية اللحام تختلف من معدن او سبيكة لاخرى و تتوقف على خواصها الطبيعية و تركيبها الكيميائي و الطريقة المستعملة فى اللحام. و لضمان لحام جيد للمعدن يجب ان يكون المعدن جيد التوصيل للحرارة، قليل الانكماش و ان يكون معامل التمدد الطولى له صغيرا . و تؤدى رداءة التوصيل الحرارى الى تركيز الحرارة فى مكان صغير و تعطل و تساوى درجة حرارة الصنوعة كلها ، وتكون الاجهادات الداخلية لامتكونة اشد كلما كان معامل التمدد الطولى للمعدن و انكماشه اكبر .

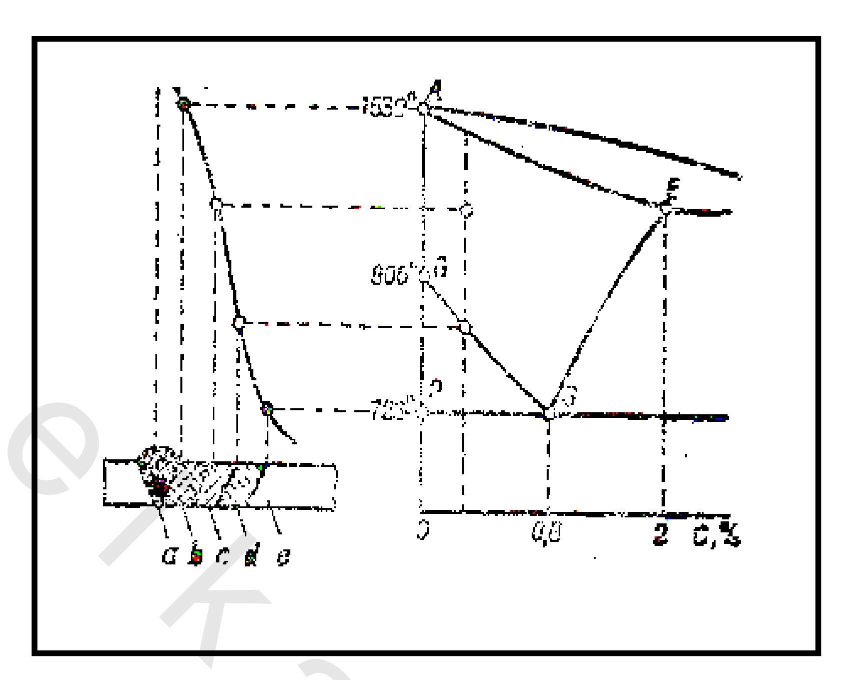


شكل رقم 164 ، اشكال درز اللحام :

a- مقطع مستعرض للدرزة . b- وضع الدرزة بالنسبة للقوى المؤثرة .

c- الدرزات الفراغية .

و بشكل (165) اوردنا رسما تخطيطيا لمقطع اللحام و المنطقة المجاورة له و التى يظهر بها التأثير الحرارى للحام، وتتكون بنية اللحام من المنطقة a و هى ذات بنية كبيرة الحبيبات كالتى يتميز بها المعدن المسبوك، وتلى هذه المنطقة منطقة المعدن المتجاو التسخين b و تتكون نتيجة لتأثير درجة الحرارة العالية، ويخفض تجاوز التسخين الى حد كبير من لدونة الصلب و مقاومته للصدمات، وتتكون بالمنطقة c المسخنة الى درجة اعلى قليلا من الخط GS عند التبريد فى الهواء بنية من السوربيت، وتتحول هذه المنطقة بالتدريج الى المنطقة d المسخنة الى درجة اسفل من الخط GS مما يؤدى تبرديها تبريدا بطيئا الى حدوث تليين غير تام، وبالمنطقة c لا تصل درجة حرارة المعدن المسخن الى منطقة اعادة التبلور الطورية للصلب، ولذلك فان بنية المعدن الاصلى بها لا تتأثر بالتسخين الناتج عن اللحام، وهكذا فان اللحام يصنع بنيات مختلفة بالمناطق المجاورة له فتسوء خواصها الى حد كبير، وتساعد التحولات فى بنية المناطق a, b، c على تكون الاجهادات الداخلية بها و التى تؤدى الى اعوجاج درزة اللحام و قد تؤدى الى ظهور الشقوق بها . فمن الواضح ان جودة اللحام تكون افضل كلما كانت المنطقة المجاورة لدرزة اللحام اصغر، وقابلية الصلب المنخفض نسبة الكربون به (حتى 0.2 ٪) للحام جيدة جدا . و بزيادة نسبة الكربون يقل توصيل الصلب للحرارة ز تزداد الاجهادات الداخلية به .



شكل رقم 165 ، بنيان الوصلة الملحومة

و عند وجود الكربون بنسبة تزيد على 0.6 ٪ يصبح اللحام صعبا ، وتؤثر الشوائب الفوسفورية و الكبريتية على قابلية الصلب للحام تأثيرا سيئا : فالفوسفور يجعل اللحام قصفا و الكبريت يسبب ضعف الصلب عند درجات الحرارة العالية و ظهور الشقوق، والصلب المنخفض السبيكة المحتوى على الكبرون بنسبة صغيرة يلتحم جيدا و بزيادة نسبة العناصر الخاصة بالصلب يصبح الصلب رديء التوصيل للحرارة، ويؤثر ميل الصلب للتقسية الذاتية عند ظهوره تأثيرا سيئا للغاية اذ يزيد من الاجهاد باللحام و يساعد على ظهور الشقوق .

و تصل منطقة التأثير الحرارى للحام على جانبى درزة اللحام عند اللحام بالقوس الكهربائى الى 12 مم، وتصل عند اللحام الغازى الى 30 مم، وقد دعمت هذه الخاصية للحام الكهربائى استخدامه فى

الصناعة على نطاق واسع و تزال الاجهادات الداخلية بالمعاملة الحرارية و الاستعدال للصلب الكربونى و التصليد مع المراجعة العالية لانواع الصلب الخاصة .

وتصبح بنية درزة اللحام و منطقة التأثير بعد المعاملة الحرارية الصحيحة صغيرة الحبيبات، وتقل الاجهادات الداخلية بها الى حد ادنى، ولحام المعادن غير الحديدية و سبائكها سهل للغاية، ومع ذلك فيجب ان يؤخذ فى الاعتبار سهولة تأكسد هذه المعادن و ارتفاع معامل تمددها الطولى و صعوبة انصهار الاكاسيد المتكونة .

3- **لحام القوس الكهربائى** :

و قد حظى اللحام بالقوس الكهربائى بأوسع انتشار بين طرق اللحام الحديثة، ويعتمد على استعمال حرارة القوس الكهربائى الذى اكتشف عام 1802 م و تطور عام 1882 باللحام بقطب كربونى و تطور مرة اخرى عام 1888 باللحام بقطب معدنى . و بلحام القوس يجرى تسخين و صهر الحروف بواسطة الحرارة الناتجة عن القوس الكهربائى المتكون بين القطب و الجزء الملحوم . و تضمن درجة حرارة القوس العالية (6000^{o}) تسخينا سريعا و مركزا فينصهر المعدن و يلتحم عند تبريده دون التاثير عليه بقوة خارجية، ويمكن ان يكون اللحام بالقوس يدويا او نصف اوتوماتيكيا او اوتوماتيكيا .

4- **ماكينات و اجهزة و مستلزمات لحام القوس** :

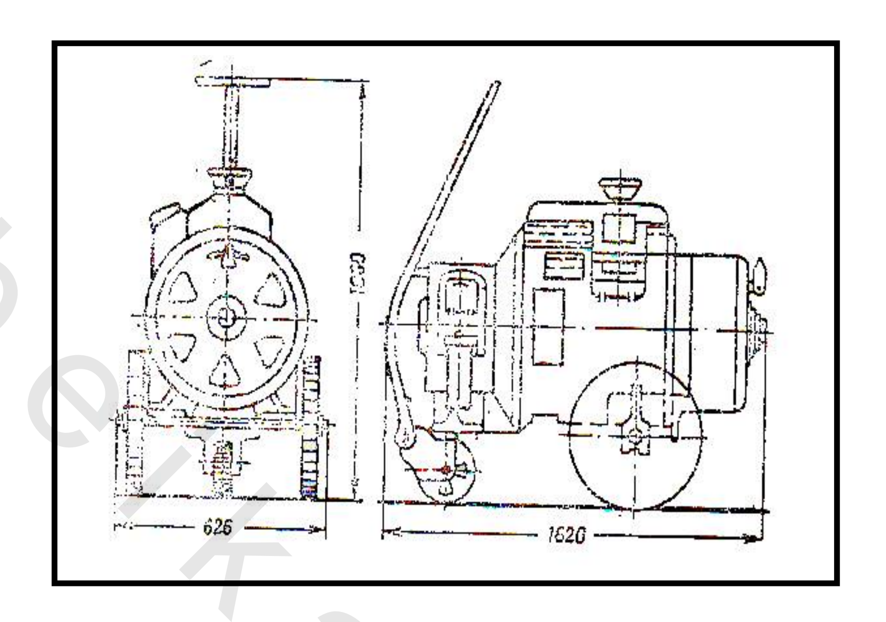
و يجرى اللحام بالقوس بالتيار المتغير او المستمر، و قد حظى اللحام بالتيار المتغير بانتشار واسع و السبب فى ذلك ان معدات هذه الطريقة للحام ارخص بكثير من معدات التيار المستمر، كما ان وزنها و

ابعادها الخارجيو اقل و استعمالها و صيانتها ابسط، و بالاضافة الى ذلك فان استهلاك الطاقة الكهربائية عند اللحام بالتيار المستمر اكثر بـ 40 – 50 ٪ منه عند اللحام بالتيار المتغير .

و مصادر التغذية لقوس اللحام هى : 1) مولدات اللحام الكهربائية ذات التيار المستمر . 2) اجهزة اللحام بالتيار المتغير . و يمكن ان تكون مولدات و اجهزة اللحام ذات مخرج واحد لتغذية قوس واحد او عدة مخارج لتغذية عدة اقواس .

و تعمل مولدات الحام المنتجة بالاتحاد السوفييتى بمبدأ الحث الذاتى، ومنها ماكينة اللحام CYT-2P التى تتركب من مولد تيار مستمر للحام و محرك بثلاثة اطوار (اوجه) تصلهما وصلة مرنة .

و الماكينات المركبة على هيكل عربة ليمكن نقلها (شكل 166) وقدرة المولد 6.25 كيلوات و شدة التيار 280 امبير و جهد التشغيل 30فولت . و الماكينة معدة لتغذية قوس واحد، وتتركب ماكينة اللحام CAK-2 من مولد للحام بالتيار المستمر و محرك بالاحتراق الداخلى، وتصل المولد بالمحرك وصلة مرنة و يركبان على اطار واحد، وتمتاز هذه الماكينة بعدم حاجتها لشبكة كهربائية و امكان استخدامها للحام بقوس واحد فى الظروف الحقلية . و خواصها الاستعمالية مماثلة كخواص الماكينة CYT-2P تقريبا، و ماكينة اللحام ЛCM-100 الكثيرة المخارج ذات محرك كهربائى . و الجهد الاسمى للمولد 60 فولت عند شدة تيار 1000 امبير، وعدد المخارج المستخدمة يصل الى 9 . و يمكن التحكم فى شدة التيار عند اللحام بتحريك الفرش (تحكما خشنا) و بتحريك الريوستات فى دائرة الملف المتغير (تحكما دقيقا) .



بشكل رقم 166 ، ماكينة اللحام CYT-2P

و توصل ماكينات اللحام بالتيار المتغير بالشبكة الكهربائية الصناعية ذات الجهد المعتاد 220 – 380 او 500 فولت و ماكينات اللحام المنتجة بالاتحاد السوفييتى قد تكون : 1) ذات جهاز للتحكم (مفاعل) منفصل عن المحول . 2) مصنوعة بجسم واحد و فيها يكون للمحول و المنظم قلب واحد .

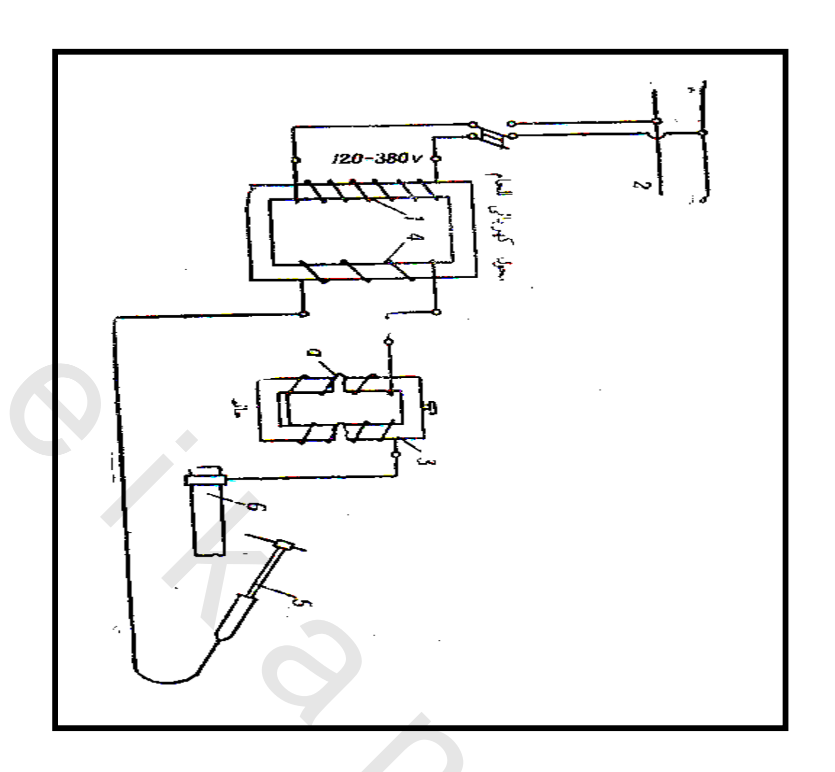
و بشكل (167) رسم تخطيطى لماكينة لحام بوجه واحد ، تتركب من المحول المنخفض و المفاعل المستخدم لتغيير شدة تيار اللحام . و يوصل الملف الابتدائى 1 للمحول الى الشبكة 2، ويوصل ملف المفاعل 3 على التوالى مع الملف الثانوى 4 للمحول و يتصل بماسك سلك اللحام 5 و يتصل الطرف الاخر للملف الثانوى بالجزء الملحوم 6، ويتكون قلب المنظم 3 من جزئية يكونان دائرة مغناطيسية مقفلة خلال الفراغ الهوائى

a الذى يمكن تغييره بتحريك النصف المتحرك من القلب . وبزيادة الفراغ تزداد شدة تيار اللحام و العكس بالعكس .

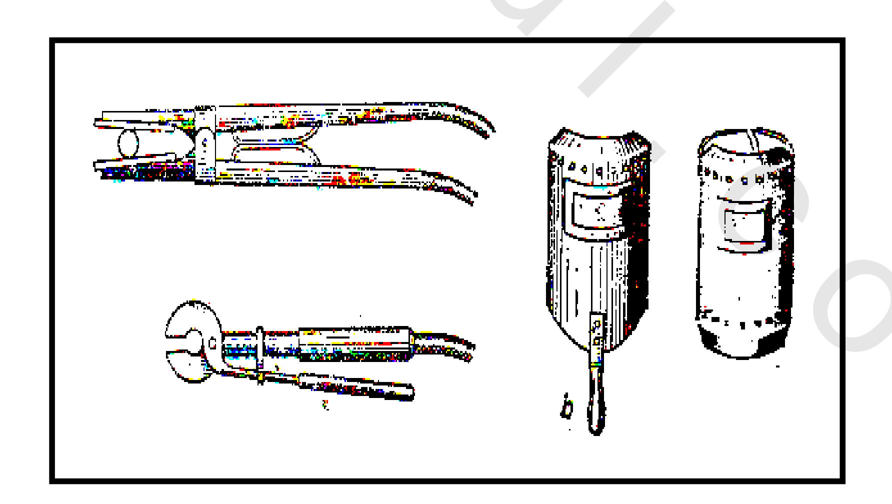
و بجدول (19) لوردنا الخصائص الرئيسية لمحولات اللحام .

نوع المحول	الجهد الثانوى بالفولت	شدة التيار الاسمية بالامبير	حدود التحكم فى شدة التيار بالامبير	نسبة الكفاءة	وزن المحول بالكيلو جرام
CTЭ-22	65 – 55	200	350 – 30	0.6–0.4	117
CT-AH-1	70 – 60	350	480 – 60	0.83	185
TC- 1000	65	1000	1200 -400	-	300

ومن مستلزمات اللحام اليدوى الماسك لتثبيت قطب اللحام وتغذيته بالتيار (شكل 168 ، a) و تتم تغذية التيار بكابل معزول مرن يتوقف مقطعه على اكبر شدة مسموح بها للتيار (من 25 – 90 مم2) . و يجب الا يزيد طول الكابل عن 30 متر و لحماية عينى و وجه عامل اللحام من تاثر المواد الساخنة و تأثير الطاقة الاشعاعية لقوس تستعمل الاقنعة الوجهية التى تمسك باليد و التى تثبت على الرأس (شكل 168 ، b,c) ومن مستلزمات لحام القوس كذلك مائدة اللحام والكابينة و ادوات و تجهيزات اللحام .



شكل رقم 167 ، رسم تخطيطى لجهاز اللحام ذو الوجه الواحد



شكل رقم 168 ، معدات لحام القوس :

a- انواع ماسك السلك . b- القناع الواقى . c- قناع بحزام .

5- اقطاب اللحام بالقوس :

تستعمل للحام بالقوس اقطاب كربونية او معدنية ، و الاقطاب الكربونية و الجرافيتية عبارة عن قضبان قطرها من 8 – 30 مم و طولها من 200 – 300 مم و تؤخذ شدة التيار عند اللحام بالاقطاب الجرافيتية 2 – 3 امثالها عند اللحام بالاقطاب الكربونية .

و تورد الاقطاب المعدنية (اسلاك اللحام) على شكل قضبان قطره من 1 – 12 مم و طولها يصل الى 500 مم للحام اليدوى ، او على شكل لفات من الاسلاك للحام الاوتوماتيكى .

و تكون اسلاك اللحام اليدوى عارية او مغطاة و يستعمل للحام الصلب الكربونى سلك من الصلب الطرى يحتوى على 0.1 – 0.18 ٪ من الكربون و يسمح بوجود الفوسفور و الكبريت به بنسبة تقع فى الحدود من 0.025 – 0.04 ٪ و يستعمل اللحام الصلب السبيكى سلك من انواع الصلب المنخفضة السبيكية لا تزيد نسبة احتوائه على الكربون على 0.25 ٪ .

و تستعمل الاسلاك العارية نادرا لا تحقق الحصول على لحام جيد ، ولذلك فان اللحام بالقوس يجرى عادة باسلاك مغطاة و قد تكون الاسلاك رقيقة التغطية او سميكة التغطية و يتراوح سمك تغطية الاولى من 0.1 – 0.25 مم و الثانية من 0.6 مم و اكثر . و تنقسم الاسلاك حسب طريقة تغطيتها الى اسلاك مدهونة او مضغوطة او ملفوفة ، وقد تكون التغطية حسب الغرض منها مؤينة او لضبط الخواص . و التغطية المؤينة عبارة عن دهان يتكون من الطباشير و الماء و الزجاج السائل و

يضمنمثل هذا الدهان استقرار القوس فقط و لايقى المعدن المصهور من تأثير الهواء المحيط به .

تقوم التغطيات الضابطة للخواص بالاضافة الى تثبيت القوس بوقاية المعدن المصهور من التأكسد و النتردة، كما تضيف الى اللحام العناصر السبيكية المطلوبة، ويدخل فى تركيب التغطيات الضابطة للخواص مواد مؤينة (الطباشير) و مكونة للخبث (الكاولين) و مكونة للغازات (النشاء) و مختزلة (الالومنيوم الفيرومنجنيز) و مواد سبكية و مواد رابطة . و تتحول التغطيات الضابطة للخواص عند ضهرها مع المعدن الى خبث يغطى اللحام بطبقة منتظمة، ويحقق وجود الخبث بالاضافة الى وقايته للحام من تأثير نيتروجين و اكسجين الهواء – ابطاء تبريد المعدن المنصهر مما يساعد على اتمام خروج الغازات الذائبة به فيزيد من كثافة درزة اللحام . و تستعمل للحام تغطيات مختلفة تضمن لحاما جيدا لانواع الصلب من مختلف الماركات، و قد حظيت اسلاك اللحام المغطاة بتغطية ماركة OMM-5 بانتشار واسع لتحقيقها لخواص ميكانيكية مرتفعة للوصلة الملحومة، والاسلاك YOHИ-13 المستعملة عند لحام الانشاءات الالهامة المصنوعة من انواع الصلب المختلفة ، والاسلاك ЦМ-7С التى تسمح باجراء اعمال اللحام بسرعة كبيرة، و الاسلاك MT المستعملة عند لحام الانشاءات الرقيقة الجدران الملحومة مما يسمح بالاستعاضة عن اللحام الغازى للاجزاء الرقيقة بلحام بالقوس الاقل منه تكاليفا .

اللحام اليدوى بالاقطاب المعدنية :

و يجرى فى اغلب الاحوال بالتيار النتغير و بشكل (169 ، a) رسم تخطيطى لهذا اللحام، ويوصل احد كابلات ماكينة اللحام

بماسك 1 مثبت فى يد عازلة 2 و يثبت بالماسك قطب معدنى 3 و يوصل الكابل الاخر بالجزء 3 .

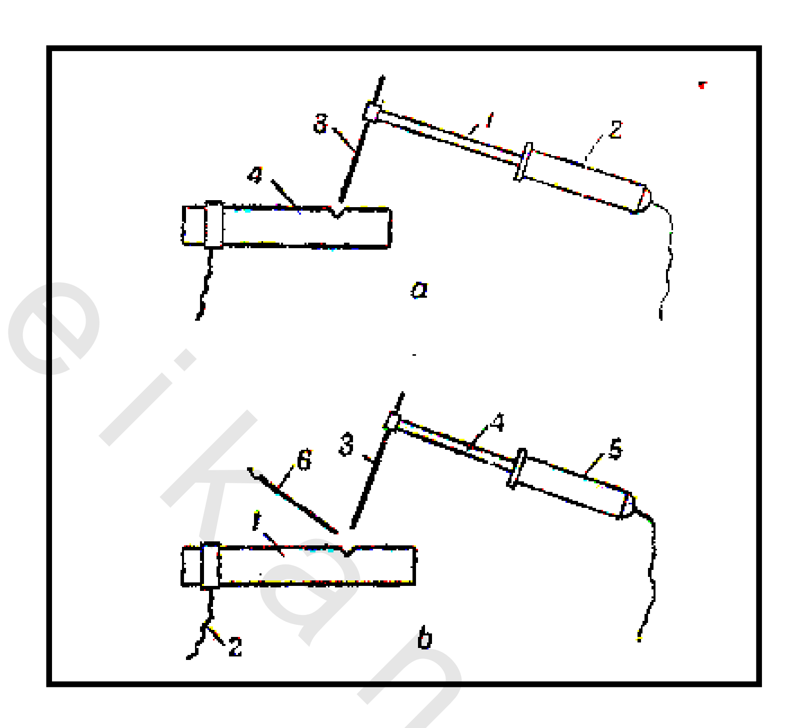
و يحدد عامل اللحام مكان اللحام ثم يقرب السلك اليه، وبعد تغطية وجهه بالقناع الواقى يلمس الجزء بطرف السلك ثم يبعد السلك قليلا عنه. و يصهر القوس المتولد الحروف و السلك المعدنى وهو فى هذه الحالة مصدر المادة المرسبة، ويختلط المعدن المنصهر فى الحمام المعدنى المتكون و يكون عند تجمده درزة التحام، **ويقابل عامل اللحام السلك فى عملية اللحام بثلاث حركات :**

أ) الى اسفل باتجاه محور السلك، وهذه الحركة لازمة للاحتفاظ بطول القوس ثابتا (2 – 4 مم) و تتم بنفس السرعة التى ينصهر بها السلك .

ب) بطول خط اللحام – لملء الفراغ الفاصل بين الحرفين .

جـ) عرضا عموديا على خط اللحام للحصول على التحدب البسيط الذى تجرى به معظم عمليات اللحام .

و يستعمل عند لحام المواد الرقيقة اللحام المسمى بالخيطى و فى هذه الحالة يحرك السلك فى اتجاه خط اللحام و الى اسفل باتجاه محوره فقط، ويجرى انتقال المعدن عند اللحام بقطب معدنى على شكل نقط كروية قطرها 0.01 – 2.5 مم بسرعة من 2 – 40 مم/ ثانية، وتظهر نتيجة لنفخ القوس للمعدن المنصهر على سطح الجزء تجوف يشبه فوهة البركان (شكل 170) .



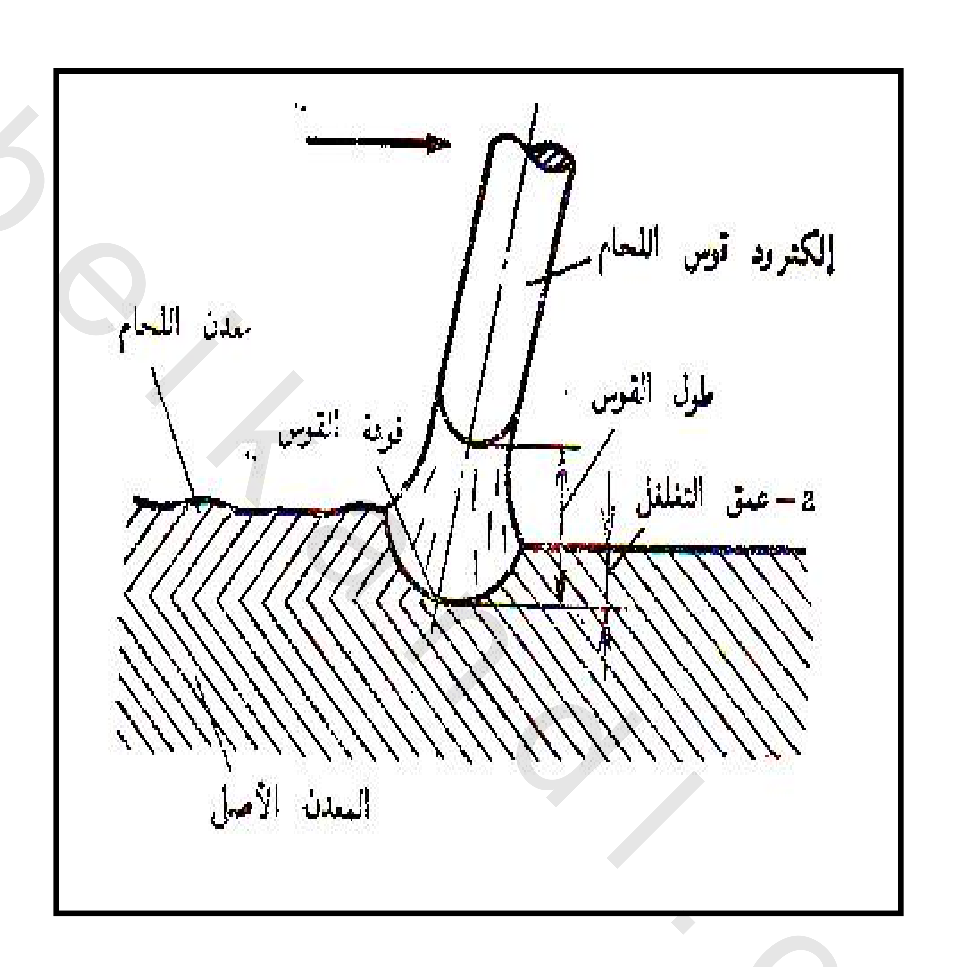
شكل رقم 169 ، رسم تخطيطى للحام القوس :

a- بقطب معدنى . b- بقطب كربونى .

و يحدد عمق التجويف الشكل مدى انصهار المعدن الاصلى (عمق الالتحام) و عمق تغلغل المعدن المرسب a و تسمى المسافة بين طرف القطب و قاع التجوف البركانى بطول القوس .

و تتوقف جودة اللحام اساسا على الاختيار الصحيح لنظام اللحام، و يختار تيار اللحام حسب قطر القطب و نوع التغطية و سمك المعدن الملحوم، ثم تعدل هذه القيمة حسب نوع درزة اللحام و وضعه

الفراغى، وبجدول (20) امثلة لنظم لحام الصلب ذى نسبة الكربون الكربون المنخفضة .



شكل رقم 170 ، رسم تخطيطى لقوس اللحام

جدول (20) نظم اللحام النقطى للصلب
المنخفض نسبة الكربون

سمك المعدن مم	اللحام التناكبي		اللحام التراكبى و حرف T	
	قطر القطب مم	شدة التيار أمبير	قطر القطب مم	شدة التيار أمبير
1.5	2.0	50 - 30	2.5	75 – 40
2.0	2.5	70 – 45	3.0 – 2.8	80 – 50
3.0	3.0	100 - 70	4.0 – 3.0	135 – 80
4.0	4.0 – 3.0	130 – 90	4.0	150 – 100
5.0	4.0	160 – 115	5 - 4	190 – 150

و تستعمل لزيادة انتاجية اللحام اليدوي بالقوس اقطاب ذات قطر كبير (6 – 8 بدلا من 4 – 5 مم) مع زيادة شدة التيار بما يتناسب مع ذلك، مع تنظيم عمل عامل اللحام تنظيما صحيحا و استعمال التجهيزات و غير ذلك .

و قد حظى لحام القوس اليدوى بسلك معدنى باستعمال واسع النطاق فى تكنولوجيا اللحام، وتلتحم بهذه الطريقة الاجزاء و المركبات من الصلب الكربونى و المنخفض السبيكية و الغير قابل للصدأ ، كما يلحم بها الزهر فى اعمال الاصلاح، ومن عمليات اللحام المبتكرة لحام الزهر دون تسخين سابق اللحام، وفى هذه العملية يفصل مكان اللحام استعدادا للحام و تثبت بحروف اللحام مسامير جاويط من الصلب بحيث يقابل كل منها منتصف المسافة بين المسمارين المثبتين بالحرف المقابل، وبعد ذلك يكون قوس بقطب معدنى و تصهر المسامير مع اجزاء اللحام بحيث يمتلأ الفراغ الفاصل بين الحرفين بالمعدن المنصهر ، ولتجنب حدوث اجهادات داخلية بالجزء يجرى اللحام مع

فترات للراحة و بشدة منخفضة التيار، ويضمن وجود المسامير اتصالا محققا للمعدن الاصلى بالمعدن المصهور، وينصح باستعمال اسلاك صلب مغطاة بالتغطية YOHИ-13 للحام.

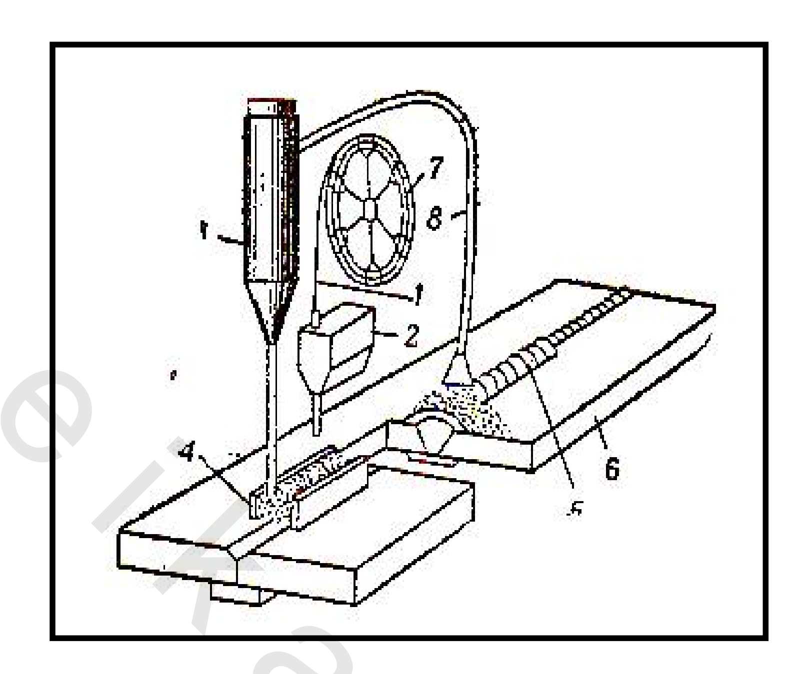
اللحام بالقوس اليدوى بقطب من الكربون :

و يجرى عادة بالتيار المستمر (169 ، b) و يتصل الجزء الملحوم 1 بواسطة كابل مرن 2 بالقطب الموجب للمولد (التوصيلة المباشرة) و يوصل القطب السالب له بالقطب الجرافيتى او الكربونى 3 المثبت فى الماسك 4 ذى اليد العازلة 5، و يلمس عامل اللحام طرف القطب بالجزء الملحوم فتتصل الدائرة ثم يبعده بسرعة عنه فيتكون القوس، ويشتعل هذا القوس بسهولة و يستمر فى الاشتعال بهدوء، وطول القوس يساوى قطر القطب تقريبا، وتصهر درجة حرارة القوس العالية حروف الاجزء الملحومة و المادة المرسبة الممدودة الى القوس 6، وعند انتقال القوس يبرد المعدن المنصهر مكونا درزة متينة . و يجرى لحام الاجزاء الرقيقة دون مادة مرسبة بصهر الحروف المثنية، ويستعمل للحام الاجزاء الكبيرة السمك مادة مرسبة على شكل قضبان مستديرة او مربعة المقطع توضع فى الفراغ الفاصل بين حروف اللحام . و ينصح باستخدام اللحام بالقطب الكربونى عند لحام الاجزاء المصنوعة من الصلب القليلة السمك و السبائك غير الحديدية و التغطية بالسبائك الصلدة باللحام و لحام الضقوق و الفجوات بالمسبوكات، ويستعمل عند لحام المعادن غير الحديدية الفلكس او التغطيات لحماية الحمام المنصهر منتأثير الهواء و ذوبان الاكاسيد الصعبة الانصهار . فيستعمل للحام النحاس و سبائكه مثلا فلكس تركيبه 50 ٪ طباشير، 20 ٪ بورق، 30 ٪ فوسفات صوديوم . و عند لحام السبائك على اساس الالومنيوم او

الماغنسيوم يستعمل فلكس خاص تركيبه 3٪ $NaHSO_4$، 30 ٪ NaCl، 7٪ KF، 45 ٪ KCl، ويزال الخبث الناتج بعد اللحام بعناية لتجنب حدوث صدأ لدرزة اللحام، ويحقق اللحام بالقوس الكربونى متانة كافية و مظهرا جيدا للحام .

6- **لحام القوس الاوتوماتيكى تحت طبقة من الفلكس** :

تستعمل هذه الطريقة للحام لتوصيل الاجزاء و المركبات من الصلب الكربونى و الصلب قليل السبيكية ذات اللحام المستقيم الطويل الحلقى . و تتركب ماكينة لحام بالقوس الاوتوماتيكى (شكل 171) من مصدر للتغذية (مولد و محول) و رأس لحام اوتوماتيكى، وصندوق تغذية الفلكس و بكرة عليها سلك اللحام، ويشتعل القوس المتكون بين طرف السلك العارى و الجزء الملحوم الموجود تحت طبقة من الفلكس الحبيبى الذى ينزل بواسطة خرطوم من الصندوق . و تتكون درزة اللحام بحركة رأس اللحام او المصنوعة بواسطة تركيبة التغذية . و يضمن اللحام الاوتوماتيكى تحت طبقة من الفلكس الحصول على جودة متساوية لدرزة اللحام و يزيد انتاجية اللحام من 5 – 10 مرات بمقارنته بلحام بالقوس اليدوى، ويتطلب التركيز العالى للحرارة الناتج عن استعمال قوس قوى فصلا خاصا للحروف الملحومة، ويستعمل سلك من الصلب المنجنيزى او السليكونى قطره من 2 – 10 مم كمادة للاقطاب .

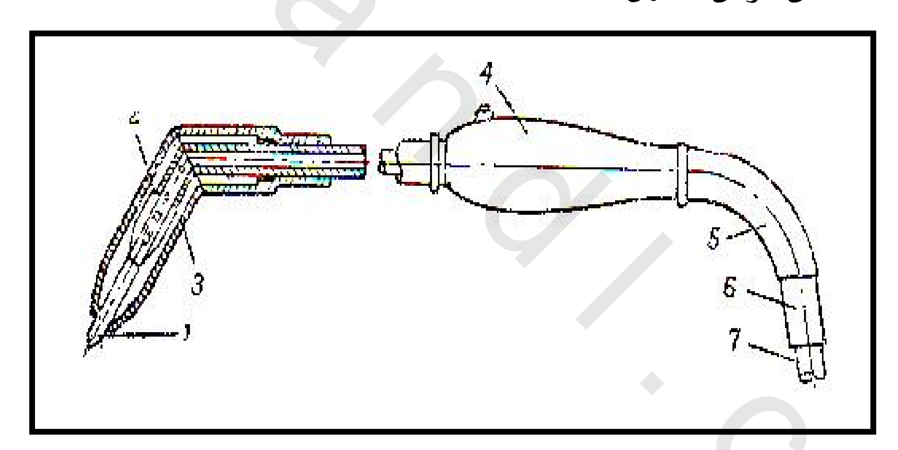


شكل رقم 171 ، رسم تخطيطى للحام القوس الاوتوماتيكى تحت طبقة من الفلكس :1 - سلك اللحام . 2 – رأس اللحام . 3- صندوق الفلكس 4- الفلكس. 5- اللحام .6- الجزء . 7- بكرة عليخا السلك . 8- خرطوم يمتص بوافى الفلكس .

ويمكن اجراء لحام بالقوس الاوتوماتيكى بواسطة (جرارات) لحام عبارة عن ماكينة اوتوماتيكية متحركة تتحرك بالنسبة للجزء الملحوم على قضبان خاصة . وتعمل جرارت اللحام بسرعة من 6 – 32 متر/ ساعة ، وتستعمل شدة تيار من 300 – 1000 أمبير . و يستعمل اللحام الاوتوماتيكى على نطاق واسع فى انشاء القزانات و صناعة الالآت و الاجهزة الكيميائية و صناعة الفسن و غيرها من الصناعات الميكانيكية و الانشاءات .

7- لحام القوس الارجونى :

يستعمل للحام الصلب الغير قابل للصدأ و المقاوم للحرارة و سبائك الالومنيوم و المنجنيز و كذلك للحصول على لحام عالى المقاومة للصدأ – لحام بالقوس الارجونى بقطب من الولفرام، ويستعمل القوس المتكون عند اللحام فى وسط واق من الارجون، و يستعمل للحام مشعل خاص (بورى) (شكل 172) يقوم بامساك القطب الولفرامى و توصيل التيار اليه و توجيه تيار الارجون الواقى . وتؤخذ المادة المرسبة بنفس تركيب المادة الاصلية، ويستعمل كمصدر لتغذية القوس ماكينات و اجهزة اللحام، ولا يتطلب لحام بالقوس الارجونى استعمال تغطية، ويحقق خواصا ميكانيكية مرتفعة للحام و يعطى اقل اعوجاج ممكن، ومن السهل مكننته .



شكل رقم 172 ، بورى للحام الارجون :

1- قطب تنجستين . 2- ثقب لتغذية الغاز . 3- ماسك القطب .

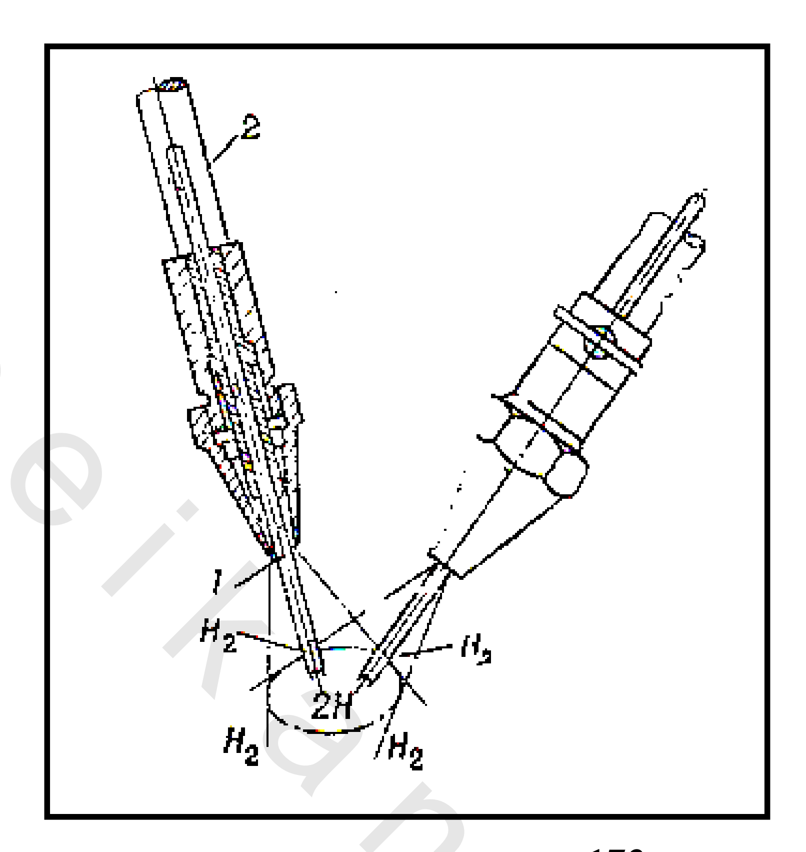
4- يد معزولة . 5- عازل . 6- موصل تيار . 7- تغذية الغاز .

8- **اللحام بالهيدروجين الذرى** :

و فى هذه الطريقة يشتعل قوس كهربائى مستقل للتيار المتغير فى وسط من الهيدروجين بين قطبين من الولفرام 1 (شكل 173) ويوجه الهيدروجين فى قنوات خاصة بالماسك 2 الى القوس حيث تتشطر جزيئاته الى ذرات، ممتصة فى هذه العملية كمية كبيرة من الحرارة، وتبرد ذرات الهيدروجين فى مكان اللحام عند تلامسها بالمعدن البارد فتكون من جديد جزيئات من الهيدروجين و نطلق عندئذ الحرارة التى امتصتها من قبل . و تخلق الحرارة التى يطلقها هذا التحول مع حرارة احتراق الهيدروجين الذى يتفاعل مع اكسجين الهواء بؤرة مركزة سرعان ما تصهر الحروف الملحومة و المادة المرسبة المقربة اليها .

و بالاضافة الى ذلك يحمى الهيدروجين المعدن المنصهر من تأثير الهواء و كثيرا ما يستعمل بدلا من الهيدروجين النقى خليط من الهيدروجين و النيتروجين يحصل عليه بتحلل الامونيا ، و لا يسبب وجود النيتروجين نتردة المعدن المصهور اذ ان نتريد الحديد فى وجود الهيدروجين حسب التفاعل :

$$2FeN + 3H_2 = 8Fe + 2NH_3$$



شكل رقم 173 ، رسم تخطيطى للحام بالهيدروجين الذرى

و يتطلب اجراء اللحام بالهيدروجين الذرى استهعمال محول خاص يعطى شدة للتيار من 20 – 70 أمبير بجهد قدره 35 – 120 فولت ،ويرتفع الجهد عند تكون القوس الى 300 فولت، ويجرى اللحام ببورى خاص، ويمكن بلحام الهيدروجين الذرى لحام الصلب من مختلف الماركات و الحصول على وصلة ملحومة عالية الجودة . و مع ذلك فلم تحظى هذه الطريقة باستعمال كبير لتعقيد معداتها و عيوب تصميم البورى و خطورة استعمال التيار العالى الجهد على حياة عامل اللحام .

9- **تكنيك الامان عند لحام القوس** :

لتجنب الحوادث عند الحام بالقوس يجب مراعاة قواعد تكنيك الامان بدقة ، فعلى سبيل المثال

1- يجب الا يزيد جهد تيار اللحام عن 80 فزلت عند اللحام بالتيار المتغير، ولا يزيد عن 100 فولت عند استعمال التيار المستمر، ويجب توصيل ابدان و اغطية اجهزة اللحام و كذلك مائدة اللحام بالارض جيدا .

2- و من الضرورى استعمال الزجاج المدخن المثبت فى اقنعة وجهية لحماية اعين عامل اللحام،

3- ويجب ان يرتدى عامل اللحام ملابس من التاربولين تقى جسمه من الحروق، واحذية من المطاط لتجنب اصابته بصدمة كهربائية .

4- و يجب ان يكون مكان اللحام جيد التهوية لامكان العمل السليم لعامل اللحام . 5- ويمنع القيام باللحام على بعد اقل من 5 متر من المواد القابلة للاشتعال او المتفجرة .





الباب السادس والعشرون

اللحام بالتلامس



يعتمد اللحام بالتلامس او لحام المقاومة على استعمال الحرارة الناشئة عن مرور التيار الكهربائى خلال الموضع الملحوم من الجزء، وتحدد كمية الحرارةاللازمة للحام و المتولدة عند مرور التيار الكهربائى من قانون لنز- جول :

$$Q = 0.24 I^2 Rt$$

حيث Q – كمية الحرارة المطلوب تحديدها بالكالورى .

I – شدة تيار اللحام بالامبير .

R – المقاومة بالاوم .

t – زمن اللحام بالثانية .

0.24 - معامل .

و تسخن الاجزاء الملحومة عند الشدة المعطاة للتيار فى موضع التلامس حتى درجة اللحام، وبعد ذلك تؤثر عليها بقوة خارجية للحصول على وصلة غير قابلة للفك . و اللحام بالتلامس يعتبر اكثر عمليات اللحام انتاجية و ميكانيكية، و لذلك فقد اتخذ اهمية عاية فى الانتاج بالمجموعات و بالجملة للاجزاء المختلفة للاجهزة و الماكينات و غيرها .

و تتركب ماكينات اللحام بالتلامس من محول اللحام و معدات التشغيل و التحكم بالضبط، والتركيبات الميكانيكية اللازمة لتثبيت الاجراء و لبذل القوى المطلوبة، و تنقسك عمليات اللحام بالتلامس حسب طريقة اجرائها الى لحام نقطى و درزى وتناكبى .

1- **اللحام النقطى** :

و يمكن ان يكون اللحام النقطى من جهة واحدة او من الجهتين، و اللحام من جهتين (شكل 174 ، a) يوضع الجزءان 1 بحيث تنطبق اطرافهما و يضغطان بواسطة القطبين المعدنيين 2 لماكينة اللحام النقطى بقوة P ، ويتصل القطبان بالملف الثانوى لمحول اللحام 4 وعند توصيل التيار تسخن الاجزاء موضعيا و تصهر الحرارة المتكونة الطبقة السطحية من المعدن فى المنطقة الوسطى التى تصل الىاعلى درجة حرارة، وتلين الطبقات الاخرى حتى تصبح فى حالة عجينية .

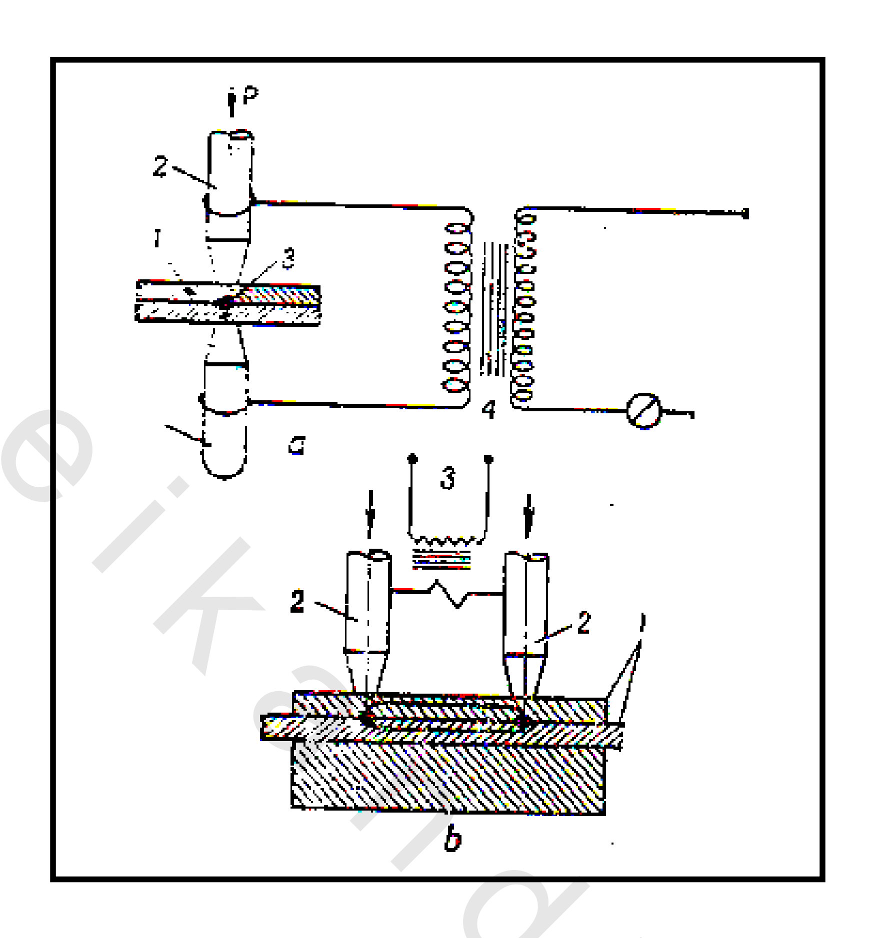
و بعد ايقاف التيار و رفع القوة تتكون فى مكان التالمس نقطة لحام 3 ذات نواة عدسية الشكل من المعدن المسبوك و يستعمل اللحام النقطى من جهة واحدة (الشكل 174 ، b) فى الحالات التى لا يمكن فيها تقريب القطبين من الجهتين، ويجب ان تكون اقطاب اللحام النقطى جيدة التوصيل الكهربى و الحرارى و ان تحتفظ بالصلادة المطلوبة حتى درجة 400^{o} و يستعمل لصناعة الاقطاب النحاس المنتج بالتحليل الكهربائى و المدرفل على البارد و البرونز الكادميومى و غيرهما.

اللحام البارز من اشكال اللحام النقطى، وفى هذه الحالة تكبس بواسطة اسطمبة بروزات على احد جانبى الجزء الملحوم، ثم توضع الاجزاء بحيث تنطبق اطرافها بيم لوحتين نحاسيتين توصلان بالملف الثانوى للمحول .

و تسخن البروزات بعد توصيل التيار الكهربائى ثم يوقف التيار و تضغط الاجزاء، وتجهز ماكينات اللحام النقطى بحركة قوسية او

مستقيمة للقطب العلوى، وقد تكون هذهالماكينات حسب طريقة عملها ميكانيكية او اوتوماتيكية، وبالاضافة الى ذلك فهذه الماكينات تنقسم الى ثابتة و نقالة . و هناك ماكينات تستطيع لحام 50 نقطة فى كل وضع للجزء، وتقوم هذه الماكينات (العديدة النقط) بلحام ما يصل الى 10000 نقطة فى الساعة، فى حين لا تزيد انتاجية الماكينات الوحيدة النقطة عن 2000 نقطة فى الساعة .

و تصل قدرة الماكينة اللحام النقطى الى 400 كيلوات و كثافة التيار الى 80 امبير / مم2 . و يتراوح جهد الملف الثانوى من 1 – 12 فولت، وتقوم تركيبة خاصة يبذل الضغط على القطبين . و يمكن ان يكون هذه التركيبة يالبدال او هيدروليكية او بالهواء المضغوط، ويتوقف مقدار الضغط على الاقطاب على التركيب الكيميائى للمادة الملحومة و سمكها و يؤخذ من 2 – 25 كجم / مم2، ويصبح بأخذ المسافة بين النقط اكثر من ضعف القطر العامل للاقطاب، و يجرى توصيل التيار و قطعه بواسطة قاطعات للتيار مختلفة التصميم .



شكل رقم 174 ، رسم تخطيطى للحام النقطى :

a- اللحام النقطى من جهتين .1- المادة الملحومة . 2- الاقطاب .

3- نقطة اللحام . 4- محول التيار .

b- اللحام النقطى من جهة واحدة . 1- المادة الملحومة . 2- الاقطاب .

3- محول التيار .

و يتفق عمل قاطع التيار مع تركيبة ضغط الاقطاب بحيث يضمن تحقيق الوقت اللازم لابقاء الاجزاء بين الاقطاب، وقاطعات التيار يمكن ان تكون ميكانيكية او حثية او الكترونية، وغير ذلك .

و بجدول (21) بيان اللحام النقطى للصلب ذى نسبة الكربون النتخفضة على الماكينات الاوتوماتيكية للانتاج بمجموعات .

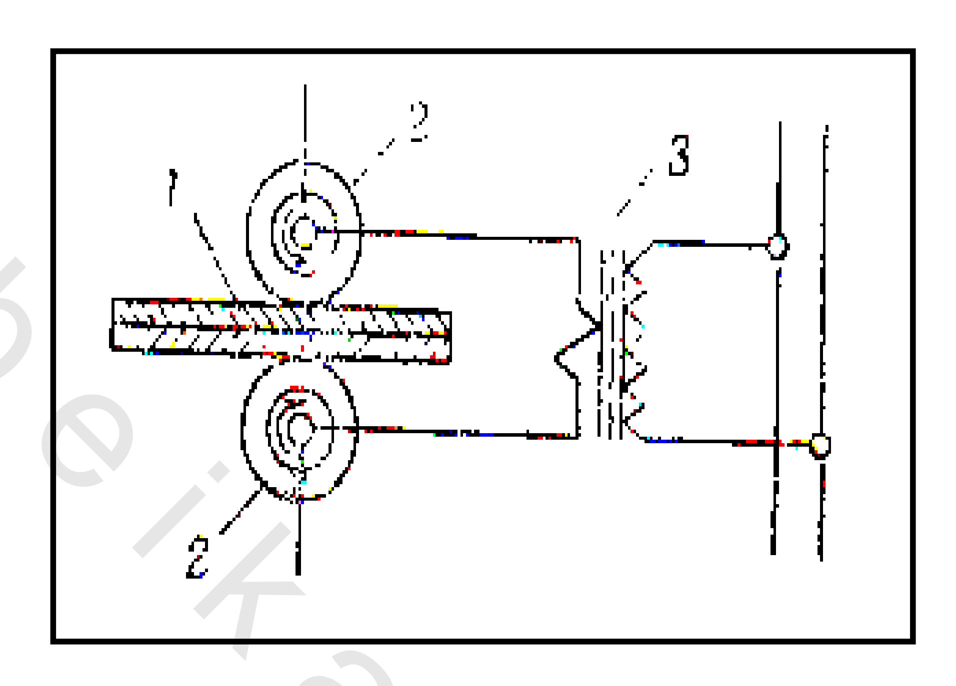
جدول (21) نظم اللحام النقطى للصلب المنخفض نسبة الكربون

سمك الجزء، مم	قطر سكح تلامس القطب، مم	مدة الابقاء تحت التيار ، ثانية	الضغط على الاقطاب، كجم/سم2	شدة التيار، امبير
0.5+0.5	5	0.3 – 0.2	40 – 30	5000 -4000
1+1	5	0.35 – 0.2	120 – 80	7000 -6000
2+2	8	0.35–0.25	250 – 150	10000 -9000
4+4	12	1.1 – 0.8	800 – 600	18000 -14000
6+6	14	1.5 – 1.1	1200– 900	25000 -20000

و يعتبر اللحام النقطى اوسع طرق اللحام بالتلامس انتشارا ويستعمل على نطاق واسع فى صناعات الطارئرات و السيارات و عربات السكك الحديدية و الالآت الزراعية و الاجهزة و العدادات و غيرها .

2- اللحام الدرزى (الخطى) :

يستعمل اللحام الدرزى (الخطى) للحصول على درزة لحام متصلة متكاسفة سميكة، وبشكل (175) رسم تخطيطى للحام الدرزى، ويضغط الجزءان 1 اللذان ينطبق طرفاهما بين القطبين البكريين 2 المتصلين بمجول اللحام 3 .



شكل رقم 175 ، رسم تخطيطى اللحام الدرزى

و تدار البكرة العلوية عادة ادارة اجبارية فى حين تكون البكرة السفلية حرة الدوران حول محورها . وبعد ضغط البكرتين على المادة الملحومة يوصل التيار فيحدث اللحام على طول خط التماس، ويمكن ان يكون اللحام مستمرا او متقطعا ، وفى اللحام المتقطع تستعمل قاطعات التيار، ويعطى اللحام المتقطع جودة عالية للوصلة الملحومة و لكن درزة اللحام تكون اقل ملامسة منها فى اللحام المستمر . و تصنع البكرات من نفس المادة التى تصنع منها اقطاب اللحام النقطى.

و يؤخذ قطر البكرات فى الحدود من 50 – 350 مم و البكرات الاكبر قطرا اكثر استقرارا فى العمل، وتبرد البكرات اثناء العمل بالماء المستمر، وتتراوح سرعة اللحام الدرزى من 0.5 – 3.5 متر/

الجقيقة ، وتؤخذ شدة تيار اللحام فى الحدود من 2000 – 20000 امبير، ويمكن ان يصل الضغط على البكرات الى 500 كجم .و يجرى اللحام الدرزى على ماكينات ثابتة اتنقالى مزودة بتركيبة خاصة لضغط البكرتين، وبجدول (22) نظم تقريبية للحام الدرزى للصلب ذى نسبة الكربون المنخفضة .

و يعطى اللحام الدرزى التحاما متينا و يمكن استعماله لصناعة المنشئات المعرضة للضغوط، و الميزة الاساسية لهذه الطريقة هى الحصول على درزة لحام عالية المتانة و الكثافة .

و يستعمل اللحام الدرزى للحام خزانات الزيت و البنزين و الماء والمواسير و عدد من الاجزاء المصنوعة من الصلب و المعادن الغير حديدية .

جدول (22) النظام التقريبى للحام الدرزى للصلب المنخفض نسبة الكربون

سمك كل من اللوحين، مم	مقاسات البكرات، مم		قوة الضغط على البكرات، كجم	سرعة اللحام، متر/ الدقيقة	شدة التيار، امبير
	عرض الجزء العامل	القطر المفصل			
0.25	4.0 -3.5	180 -150	120 -80	3.5 -2.5	6000-4000
0.50	5.0 -4.5	180 -150	200-130	3.0 -1.0	8000-5000
1.0	7.0 -6.0	220 -180	300-180	3.0 -1.0	15000-6000
1.5	8.0 -7.0	250 -220	375-250	1.5 -0.6	18000-10000
2.0	9.0 -8.0	260 -240	450-320	1.0 -0.5	30000-18000

3- **اللحام التناكبى** :

باللحام التناكبى (شكل 176) يثبت الجزاءن الملحومان 1و2 بالماسكين النحاسين لماكينة اللحام، والماسك 3 مركب فى المسند المتحرك 4 و يمكن ان يتحرك فى مقبيات التوجيه بالزهرة 5، ويثبت الماسك 6 على الزهرة الثابتة 7 و يوصل الملف الثانوى للمحول 8 بماسكى ماكينة اللحام بكابلات مرنة و يوصل الملف الاولى له بشكبة التيار المتغير و يجرى كبس الاجزاء المسخنة بواسطة تركيبة خاصة بتحريك المسند 4 .

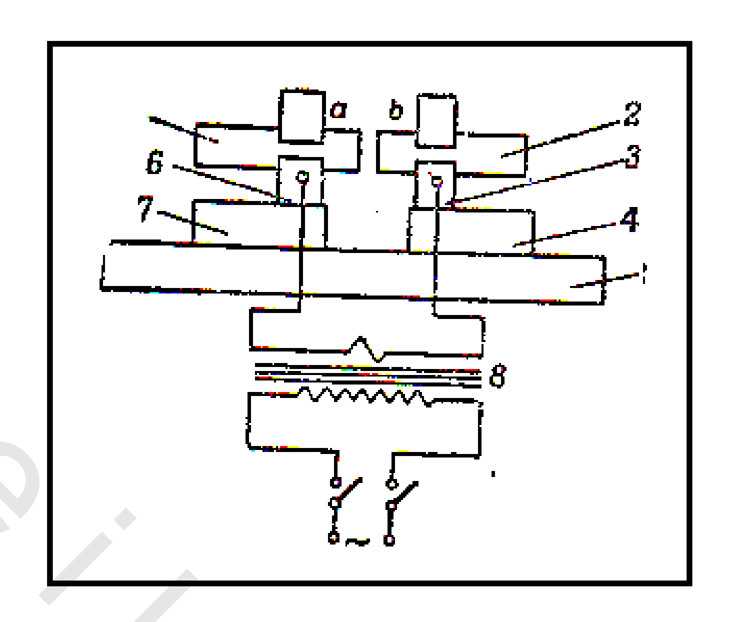
و هناك ثلاث طرق للحام التناكبى :

1) لحام المقاومة .

2) اللحام بالصهر .

3) اللحام بالصهر المقطع .

و فى لحام المقاومة يحرك الجزءان المثبتان فى الماسكين حبحيث يتلامس طرفاهما جيدا ثم يوصل التيار، وبعد تسخين الاطراف الملحومة الى الحالة العجينية يوقف التيار و يكبس الجزءان .



شكل رقم 176 ، رسم تخطيطى للحام التاكبى

و يستعمل لحام المقاومة لتوصل الاجزاء المصنوعة من انواع الصلب ذى نسبة الكربون المنخفضة و المعادن غير الحديدية التى تصل مساحة مقطعها الموصل الى 1000 مم2 .

و فى اللحام بالصهر يوضل التيار قبل تماس الجزئين ثم يبدأ فى تقريبهما ، وعندما تصل المسافة بين الطرفين الى قيمة معينة تبدأ الشرارات فى التكون فتصهر طرفى الجزئين، وللحصول على الوصلة الملحومة يوقف التيار و يجرى الكبس تحت ضغط من 250 – 550 كجم/ مم2، و يستعمل اللحام بالصهر لتوصيل السلاسل و القضبان والمواسير و الالآت و الاجزاء المجهزة بالكبس من الالواح، وكذلك لتوصيل مختلف المواد معا : كالصلب و النحاس، و الصلب و النحاس الاصفر، و الالومنيوم و النحاس و الصلب الكربونى و غيرهما ، وتتميز

هـذه الطريقـة بانتاجيـة عاليـة و بجـودة عاليـة للوصـلات الملحومـة، واهـم عيوبها فقد المعدن بالاحتراق .

ويجـرى اللحـام بالصـهر المتقطـع بلمـس الاطـراف الملحومـة لمسـا جيدا ثم اضعاف درجة التلامس و هكذا، ويسـبب التعـرض للكهربـاء عند تسـخين الاجـزاء الى درجـة معينـة انصـهار الاطـراف، وعنـد الوصـول الى الدرجة المطلوبة للانصهار تكبس الاطـراف الملحومـة بشـدة و ينصـح باستعمال اللحام بالصهر المتقطع فى الحالات التى لا تكفى فيها قدرة الماكينـات علـى اللحـام بالصـهر . و تؤخـذ قـدرة ماكينـات اللحـام التنـاكبى بمعـدل - 15 كيلـوات لكـل سـم2 مـن مقطـع الاجـزاء الملحومة و تزداد القدرة عند لحام المصنوعات ذات الكونتزر المقفل الى الضعف. و يتراوح جهد تيار اللحام من 5 – 15 فولت .

و يكون ماكينات اللحام التناكبى حسب استعمالها يدويا او اوتوماتيكيـة، وللحصـول علـى وصلة جيـدة يجـب ان تكـون الاطـراف الملحومة متساوية المساحة و متوازية، ويؤخذ طول الاطراف a، b البـارزة من الماسكين (شكل 176) فى الحدود من 0.6 – 0.7 ق (d) لكل مـرور، وعنـد تختلاف توصيل المعدنين الموصلين للكهربـاء يؤخـذ طـول البروزللمعـدن الاكثـر توصـيلا للكهربـاء اكثـر منـه للمعـدن الاقـل توصـيلا، وتؤخـذ عـلاوة الانصـهار و الكـبس فـى الحـدود مـن 0.35 – 0.75 من طول الطرف البارز .



الباب السابع و العشرون
اللحام الغازى



تتلخص عملية اللحام الغازى فى صهر حروف الاجزاء الملحومة و المادة المرسبة المضافة بالحرارة الناتجة عن احتراق خليط غازى، و عند تجمد المعادن المنصهر تتكون درزة لحام متينة ، وتتكون الحرارة اللازمة للحام باحتراق الغاز المشتعل – الاستيلين او الهيدروجين او الغاز الكبيعى او الكيروسين او غاز الاستصباح و غازات و غيرها فى تيار من الاكسجين .

و بجدول (23) خواص بعض الغازات المستعملة للحام، ومن اشكال اللحام الغازى بالضغط، قد حظى لحام الاكسى استيلين بانتشار واسع فى تكنيك اللحام .

جدول (23) الغازات المستعملة للحام

اسم الغاز	الرمز الكيميائى	الوزن النوعى بالنسبة للهواء	كمية الاكسجين اللازمة لاحتراق م3 من الغاز احتراقا تاما . م3	درجة حرارة اشتعال فى الاكسجين تقريبا ، ^{o} م
الاستيلين	C2H2	0.8056	2.5	3150
الهيدروجين	H2	0.06952	0.5	3182
الميثان	CH4	0.056	2	2000

و يحصل على الاستيلين (C2H2) فى مولدات الغاز بالتفاعل بين الماء و كاربيد الكالسيوم (CaC3) و يجرى التفاعل حسب المعادلة :

$$CaC3 + 2H2O = Ca(OH) + C2H2$$

يصل متوسط حجم الاستيلين الناتج عن تفاعل 1 كجم من كاربيد الكالسيوم الى 270 لتر ماء، و يورد كاربيد الكالسيوم الى المستهلكين حسب نوع و انتاجية المولد المستعمل بدرجة مختلفة للحبيبة، وتتراوح مقاسات القطع الحبيبية من 2 – 80 مم فى المقطع .

و يفظ كاربيد الكالسيوم فى براميل من الصلب وزنها من 50 – 100 كجم، والاستلين الصناعى ذو رائحة مميزة يكتسبها من الشوائب الموجودة به مثل الهيدروجين و الامونيا و سليكات الهيدروجين وفوسفيد الهيدروجين .

و تسبب الشوائب المذكورة تآكل المعدات و تسئ الى جودة اللحام، وتزداد الشوائب الثلاثة الاولى بتمرير الاستلين خلال الماء، ويستعمل لازالة غاز فوسفيد الهيدروجين مادة خاصة (الهيراتول) .

أسباب انفجار الاستلين :

1) دون لهب خارجى تحت ضغط 2 ض.جـ تقريبا .

2) عند اختلاطه بالهواء و الاكسجين عند وجود شرارة .

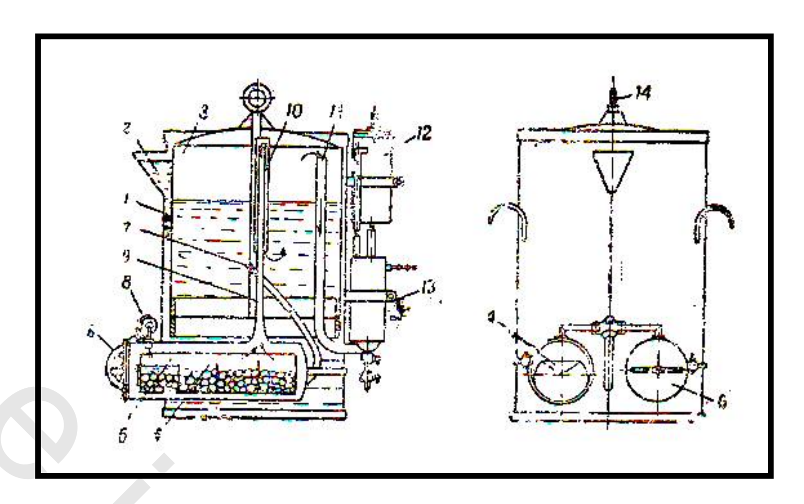
3) عند تماسه لمدة طويلة مع النحاس و الفضة و يذوب الاستلين جيدا فى الاسيتون و تزداد هذه القابلية للذوبان مع ارتفاع الضغط و تستعمل هذه الخاصية من خواص الاستلين لحفظه فى انابيب .

1- **مولدات الاستلين** :

و هى عبارة عن اجهزة للحصول على الاستلين من كاربيد المالسيوم، وقد تكون المولدات ثابتة او نقالة، و المولدات النقالة ذا تابعاد صغيرة و تصل انتاجيتها الى 3000 لتر فى الساعة، ويستعمل اللحام ببورى .و تصل انتاجية المولدات الثابتة الى 50000 لتر فى الساعة

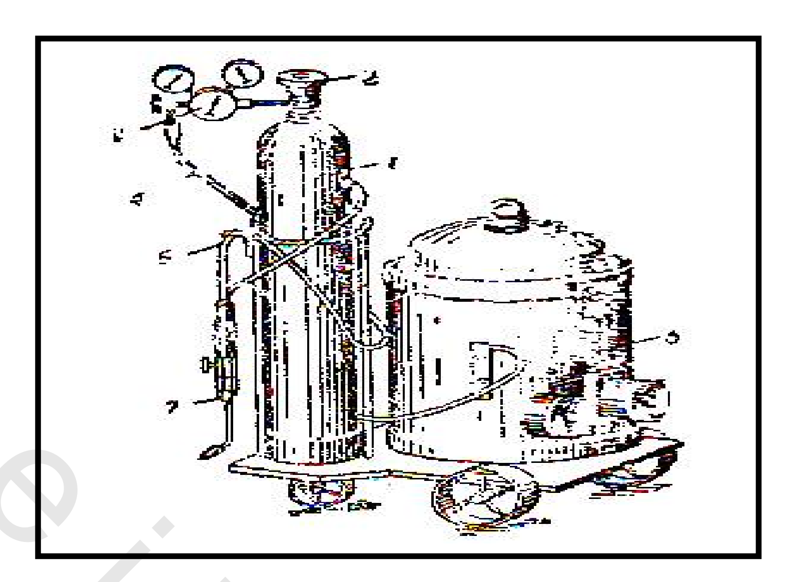
والغرض من المولدات الثابتة هو تغذية ورش اللحام و تضع هذه المولدات فىاماكن خاصة و تزود بتركيبات لشحن الكاربيد و التغذية بالماء و تفريغ الرواسب اوتوماتيكيا ، ومولدات الاستلين اما منخفضة الضغط (حتى 500 مم من عمود الماء) او متوسط الضغط (500 – 5000 مم من عمود الماء) او عالية الضغط (5000 – 15000 مم من عمود الماء) و تنقسم المولدات حسب طريقة تفاعل الماء مع الكاربيد الى نوعين (الماء على الكاربيد – او الكاربيد على الماء) و بشكل (177) رسم تخطيطى لمولد نقالى للاستلين تعمل بمبدأ الماء على الكاربيد و يملأ جسم المولد 1 بالماء عن طريق القمع 2 و يحلق الناقوس 3 العائم فى الماء الضغط على الغاز بثقله، ويجرى شحن الكاربيد فى الخزان 4 المركب بالوعاء 5 المغلق اغلاقا محكما بواسطة الباب 6 و ينظم كمية الماء الداخل الى الوعاء خلال الماسورة 7 بواسطة المحبس 8 و يتصرف الاستلين المتكون بالوعاء خلال الماسورة 9 تحت الناقوس و خلال الغطاء 10 و يتجه خلال الماسورة 11 الى منظف الغاز 12 ثم الى الصمام المائى 13 .

و يسرى الاستلين من الصمام المائى الى الخرطوم المتصل ببورى اللحام و تتصل بالناقوس ماسورة الامان 14 و يقوم بتصريف الاستلين الى الجو عند امتلاء الناقوس بالاستلين اكثر من اللازم .

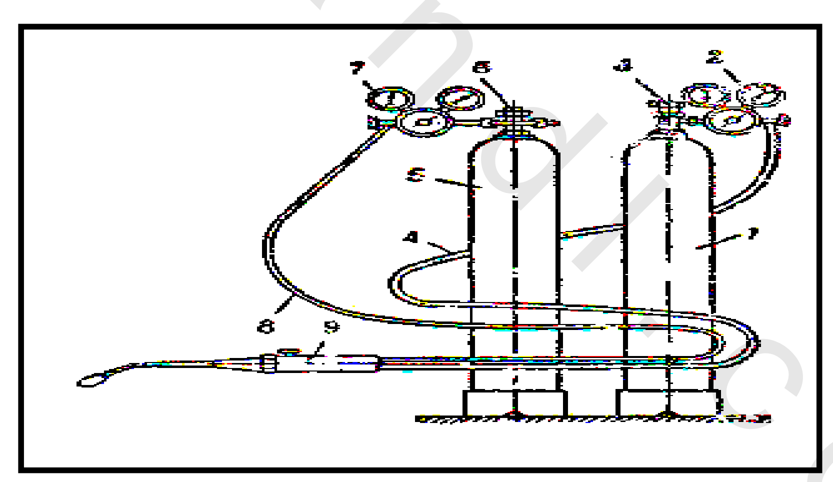


شكل رقم 177 ، رسم تخطيطى لمولد نقالى للاستيلين

و الصمام المائى ضرورى لتجنب انفجار الاستلين بالناقوس عند سريان الهب فى الاتجاه العكسى لحركة تيا الاستلين . و انتاجية المولد ذى التصميم المذكور نحو 1000 لتر/ الساعة، ويعد من الاجهزة المنخفضة الضغط، وتجرى تغذية الاستلين الى بوريات اللحام عادة من المولد مباشرة . وفى بعض الاحيان ينقل الاستلين الى مكان العمل فى انابيب و بشكل (178 و 179) بينا رسما تخطيطيا لتغذية اماكن اللحام .



شكل رقم 178 ، رسم تخطيطى لجهاز اللحام بالاكسجين و الاستلين :
1- انبوبة الاكسجين . 2- محبس الانبوبة . 3- مخفض للضغط .
4- خرطوم الاكسجين . 5- مولد الاستلين . 6- خرطوم الاستلين .
7- بورى اللحام .



شكل رقم 179 ، رسم تخطيطي لجهاز اللحام بتغذية الاكسجين والاستلين من انابيب :1 - انبوبة الاكسجين . 2- محبس انبوبة الاكسجين . 3- المخفض . 4- خرطوم الاكسجين . 5- انبوبة الاستلين . 6- محبس انبوبة الاستلين . 7- مخفض ضغط الاستلين .
8- خرطوم الاستلين . 9- بورى اللحام .

الاكسجين :

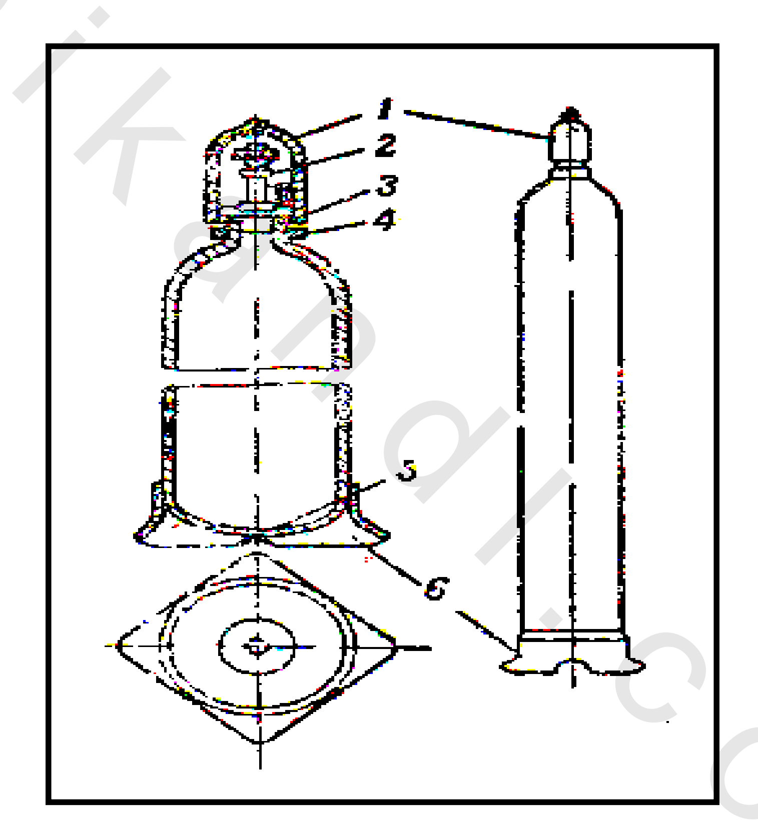
يحصل على الاكسجين للاغراض الصناعية من الهواء او بتحليل الماء كهربيا ، ويجب الا تقل نقاوة الاكسجين المستعمل للحام عن 99 ٪، و ينقل الاكسجين الى مكان اللحام فى الحالة الغازية (فى انابيب) او فى الحالة السائلة (فى خزانات الاكسجين) و يحول الاكسجين السائل الى غاز فى المحولات الغازية، ويستعمل محول الاكسجين الحرارى لشحن الانابيب بالاكسجين الغازى بمحطات الشحن، وتستعمل محولات الاكسجين الباردة بورش اللحام لتغذية اماكن اللحام مباشرة .

انابيب الغاز :

و هى عبارة عن اسطوانات مسحوبة من الصلب دون لحام، تستعمل لحفظ و نقل الغازات المضغوطة، وبشكل (180) انبوبة الاكسجين و بالجزء السفلى منها مثبتا للتسخين و للانمكاش قاعدة من الصلب، و يتحول الجزء العلوى من الاسطوانة تدريجيا الى عنق عليه قلاووظان احدهما داخلى و الاخر خارجى، ويركب على القلاووظ الخارجى (وهواسطوانى) غطاء الامان و على الداخلى (وهو مخروطى) محبس يستعمل لادخال و اخراج الغاز . و يجب قبل اللحام فك غطاء الامان و توصيل مخفض الضغط الى المحبس، ويستعملمخفض الضغط لتخفيض الغاز عند مخرج الانبوبة و يغذى الغاز الخارج من المخفض بواسطة خرطوم من المطاط و الى بورى اللحام، وتسع انبوبة الاكسجين ذات السعة المعتادة (40 لتر) حوالى 6000 لتر من الاكسجين عنط الضغط 150 ض.جـ و تطلى انابيب الاكسجين باللون الازرق الغامق .

انابيب الاستلين :

و تملأ من الداخل بمادة مسامية (كالفحم الخشبى و الطين المسامى و الاسبستوس و غيرها) و تشبع هذه المادة بالاسيتون الذى يذاب فيه الاستلين، و تحتوى انبوبة الاستلين المشحونة تحت ضغط 15 ض.جـ على 6000 لتر من الغاز . و يستعمل لاخراج الغاز محبس يتصل بالمخفض الذى يتوجه منه الغاز تحت الضغط العامل بواسطة الخرطوم الى البورى و تطلى باللون الابيض .



شكل رقم 180 ، انبوبة الاكسجين :

1- غطاء. 2- محبس. 3- عنق . 4- حلقة . 5- القاع . 6- القاعدة .

بورى اللحام :

عبارة عن جهاز لتكوين المخلوط الغازى للاحتراق و للحصول على لهب لحام مركز مستقر ، **وتنقسم بوارى اللحام حسب طريقة عملها الى نوعين :**

1) البوريات الحقنية او بوريات الضغط المنخفض .

2) البوريات غير الحقنية او البوريات ذات الضغط المتوسط و العالى و الاجزاء الرئيسية للبورى هى :

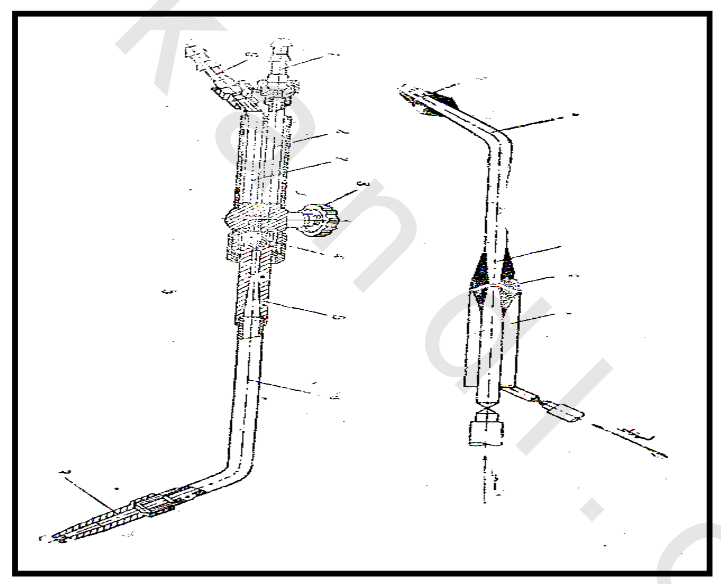
1) جسم او ساق البورى و به تركب النبل المستعملة لتوصيل الغازات و محابس التحكم فى كمية الغاز .

2) غرفة الخلط للحصول على المخلوط العامل .

3) فونية الخروج و يغذى الخليط العامل خلالها الى مكان اللحام .

وبشكل (181 ، a) بينا رسما تخطيطيا لتركيب بورى حقنى، ويمر اكسجين التغذية الى البورى تحت الضغط من 2 – 3.5 ض.جـ خلال محبس التحكم الى الحاقن و به قناة ضيقة ، وعند خروج تيار الاكسجين من الحاقن تتسع نافورته ، وتتجه بشرعة كبيرة الى غرفة الخلط و بها ينخفض الضغط بشدة نتيجة لاتساع النافورة ، ويسبب الضغط المنخفض بغرفة الخلط امتصاص الاستلين الذى يغذى تحت ضغط منخفض فيمر خلال القناة الحلقية المتكونة بين ساق البورى و الحاقن الى غرفة الخلط حيث يكون مع الاكسجين خليط الاحتراق ، ويندفع الخليط الناتج خلال فتحة الفونية فيكون اشتعاله لهب اللحام .

و بشكل (181 ، b) بينا رسما لبورى حقنى من الطراز CY-48 (بورى لحام عام) و يستعمل للحام المعادن التى يصل سمكها نمن 0.5 – 30 مم . و يزود البورى بمجموعة من الفونيات الاضافية القابلة للفك حتى يمكن اختيار الطاقة المطلوبة للهب اللحام، و فى بوريات الضغط العالى يغذى الغاز المشتعل و الاكسجين فى غرفة الخلط تحت ضغط عالى، ولزيادة انتاجية اللحام و تحسين جودته تستعمل بوريات اللحام الكثيرة الفونيات و تزيد بوارى اللحام الكثيرة الفونيات من سرعة اللحام بالمقارنة مع البوريات المعتادة بمقدار 20 – 50 ٪ فى حين تخفيض استهلاك الخليط الغازى بمقدار 15 – 20 ٪ . و تستعمل هذه البوريات للحام المصنوعات التى يزيد سمكها عن 4 مم .



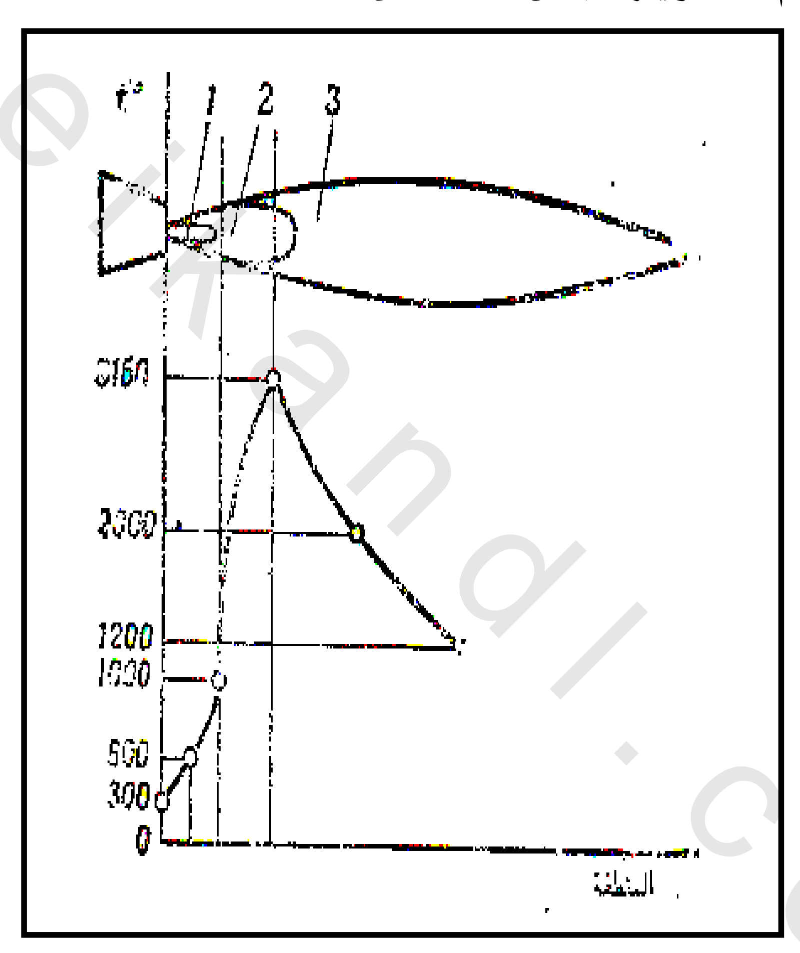
شكل رقم 181 ، بورى لحام :

a- رسم تخطيطى لبورى اللحام الحقنى . 1- فونية . 2- ماسورة الفونية . 3- غرفةالخلط . 4- الحاقن . 5- قناة الاستلين .

b- بورى لحام من الطراز CY – 48 . 1- نبل الاكسجين . 2- ماسورة . 3- محبس الاكسجين . 4- الحاقن . 5- غرفة الخلط . 6- نبل الاستلين . 7- ماسورة الاستلين . 8- طرف. 9- فونية .

2- **لهب التحام** :

تتكون عند اشعال الخليط الغازى شعلة من لهب اللحام، وقد يكون هذا اللهب معتادا او مؤكسدا او مكربنا حسب نسبة الاكسجين الى الاستلين به، و بشكل (182) رسم تخطيطى لبنية لهب اللحام المعتاد و يتركب من ثلاث مناطق :



شكل رقم 182 ، رسم تخطيطى للهب اللحام :

1- النواة. 2- المنطقة المختزلة . 3- المنطقة المؤكسدة .

النواة و المنطقة المختزلة و المنطقة المؤكسدة، و منطقة النواة عبارة خليط من الجزيئات المتوهجة للاستلين و الاكسجين تتميز بوهج ابيض خاطف، و تحيط المنطقة المختزلة بالنواة على شكل هالة مزوقة اللون، وبهذه المنطقة على بعد 3 – 5 مم من المركز تتولد اقصى درجة باللهب و تستعمل لصهر المعدن، ويسمى اللهب المحيط بالمتطقتين الداخليتين باللهب المؤكسد .

و لونه اصفر مائل الى الحمرة، ويتكون اللهب المعتاد عندما تكون نسبة $O_2 / C_2H_2 = 1 : 1.2$، تستطيل النواة و يفقد اللهب شكله الحاد و يسمى مثل هذا اللهب مكربنا ، ويستعمل للحام السبائك الصلدة للصلب ذى نسبة الكربون المرتفعة و الزهر، وعندما تكون النسبة $O_2 / C_2H_2 < 1.2$ يتميز اللهب بقصره وحدة طرف النواة، التى تكاد تختفى و يصبح اللهب مزرق اللون و يشتعل بصوت عالى، ويسمى مثل هذا اللهب مؤكسدا ، ويستعمل اللهب المؤكسد للحام النحاس الاصفر، ويجب فى البورى ان تكون سرعة خروج الخليط المشتعل منه اكبر من سرعة اللهب به، اذ ان عدم تحقق هذا الشرط يؤدى الى سريا اللهب الى الوراء فى البورى .

المادة المرسبة :

المضافة الى حمام اللحام، وتختلط بعد انصهارها بالمعدن المنصهر الاصلى و تساعد بملأها للفراغ بين الحروف الملحومة على تقوية اللحام، وتورد المادة المرسبة على شكل سلك او قضيب مختلفة القطر . ويستعمل للحام الصلب سلك كربونى، ويجب ان يكون سطح سلك اللحام نظيفا و ان ينصهر بهدوء دون تناثر او تكون فقاقيع، و يستعمل عند لحام المعادن و السابئك غير الديدية سلك ترسب من مادة يقارب تركيبها الكيميائى تركيب المادة الملحومة .

3- تكنولوجيا اللحام الغازى :

للحصول على لحام جيد يجب اختيار الطاقة المناسبة للبورى و ضبط لهب اللحام ضبطا صحيحا و اختيار الطريقة المناسبة لتحريك البورى على خط اللحام و الزاوية الصحيحة لميله و اختيار المادة المرسبة بما يتناسب مع سمك المصنوعات الملحومة ، ويؤخذ قطر سلك الترسيب عادة اكثر بقليل من نصف سمك المادة الملحومة.

ويمكن عند لحام المصنوعات من الصلب ذى السمك المختلف الاسترشاد بالمعلومات المبينة بجدول 24 .

جدول (24) نظام اللحام الغازى للصلب

رقم الفونية	سمك الصلب الملحومة، مم	استهلاك الاستلين لتر/ الساعة	استهلاك الاكسجين لتر / الساعة
00	0.5 – 0.2	50	55
0	1.0 – 0.5	85	85
1	2 – 1	150	165
2	4 – 2	300	330
3	6 – 4	500	550
4	9 – 6	850	815
5	14 - 9	1300	1300
6	20 – 14	1900	1850
7	30 - 20	2500	2750

و تؤخذ زاوية ميل البورى من 20 – 90 ^{o}، وكلما زاد سمك المادة الملحومة كاما وجب زسادة ميل البورى، ويقرب سلك الترسيب عادة بزاوية من 30 – 40 ^{o} و تستعمل عند اللحام الغازى طريقتان لتحريك البورى .

الطريقة اليسارية و الطريقة اليمينية ، وبالطريقة اليسارية يحرك اللهب من اليمين الى اليسار و يحرك سلك الترسيب امام اللهب

(شكل 183 ، a) و تستعمل الطريقة اليسارية عند لحام الاجزاء ذات المقطع الصغير . و بالطريقة اليمينية للحام يحرك اللهب من اليسار الى اليمين و يحرك سلك الترسيب خلف اللهب و يجرى لحام الاجزاء التى يزيد سمكها عن 5 مم بالطريقة اليمينية للحام (شكل 183 ، b) ويمتاز اللحام اليمينى بزيادة سرعة اللحام بالمقارنة مع اللحام اليسارى بـ 18 ٪ و تقليل استهلاك الاستلين و الاكسجين بـ 15 ٪ و ترفع الخواص الميكانيكية للحام و بتقليل الاعوجاج و بامكان لحام الواح يصل سمكها الى 6 مم دون شطف و مع ان اللحام الغازى يمكن ان يستعمل للحصول على نفس الوصلات التى تلحم بلحام القوس فانه يستعمل فى الوصلات التناكبية (قورة على قورة) و الجانبية ، ويجب عند لحام الاجزاء الكبيرة السمك بالغاز تسخن الاجزاء الملحومة قبل اللحام .

لحام الصلب :

يمكن لحام جميع انواع الصلب ذات نسبة الكربون المنخفضة و القليل السبيكية جيدا و للحام الغازى، ويجرى اللحام باللهب المعتاد مع استعمال بورى بالطاقة المناسبة ، ويجب اثناء عملية اللحام مراعاة عدم حدوث تجاوز التسخين مما يسبب انخفاض المقاومة الميكانيكية لدرزة اللحام . وعند لحام انواع الصلب العالية السبيكية (كالصلب الغير قابل للصدأ و المقاوم للحرارة و غيرهما) يجرى اللحام بسرعة و بدون توقف لتلافى حدوث اعوجاج .

لحام الزهر :

و يجرى مع تسخين المادة قبل اللحام اى درجة 700 ^{o} ، ويمكن ان يكون التسخين كاملا و موضعيا ، ويجب ان يكون لهب اللحام مكربنا قليلا ، وتستعمل الاقطاب من الزهر او السائك النحاسية . و فى الحالة الاخيرة لا يتطلب التسخين و يجرى اللحام م استعمال فلكس، ويجب بعد اللحام تبريد المصنوعة ببطء .

لحام النحاس و سبائكه :

و يجـرى ببـوارى عاليـة الطاقـة ، و يجـب عنـد لحـام النحـاس و البرونـز ان يكـون لهب اللحـام معتـادا و عنـد لحـام النحـاس الاصفر ان يكون مؤكسدا قليلا . و تؤخذ زاوية ميل البورى نحو 90 º، ويستعمل خليط من البورق و كلوريد الصوديوم و حامض البوريك كفلكس، وتصنع الاقطاب من نفس مادة الاجزاء الملحومة .

لحام الالومنيوم و الماغنسيوم و سبائكهما :

و يجرى ببورى عالى الطاقة نظرا لجودة توصيل هذه المعادن للحرارة و ترسب عادة المادة الاصلية نفسها و يجب ان يكون لهب اللحام مختزلا ، ويحرك البورى بزاوية 30 – 45 º، و يستعمل مركب من كلوريد و فلوريد البوتاسيوم و الليثيوم كفلكس . ويجب بعد اللحام ازالة بواقى الفلكس و الخبث بعناية .

لحام الكبس الغازى :

و يجرى بتسخين حروف الاجزاء الملحومة حتى الحالة العجينية او حتى الانصهار ، وفى اللحام فى الحالة العجينية تسخن حروف المصنوعات الى درجة 1250 º بلهبالاكسى استلين ثم نضغط، فيؤدى ذلك الى تكون الوصلة الملحومة .

وهذه الطريقة للحام منتشرة جدا . و فى اللحام بالضهر تسخن حروف الاجزاء حتى الحالة السائلة و بعد ذلك توصل الاجزاء معا بالضغط . و اهم ميزة للحام الكبس الغازى بالاضافة الى بساطة معداته هى امكانية توصيل كل المعادن المستعملة عمليا ، وقد أدت الانتاجية العالية للحام الكبس الغازى الى استعماله الواسع النطاق لتوصيل جميع

خطوط مواسير الغاز و البترول و المحاور و السلاسل و الألآت و مختلف الاجزاء بالصناعات الميكانيكية العامة .

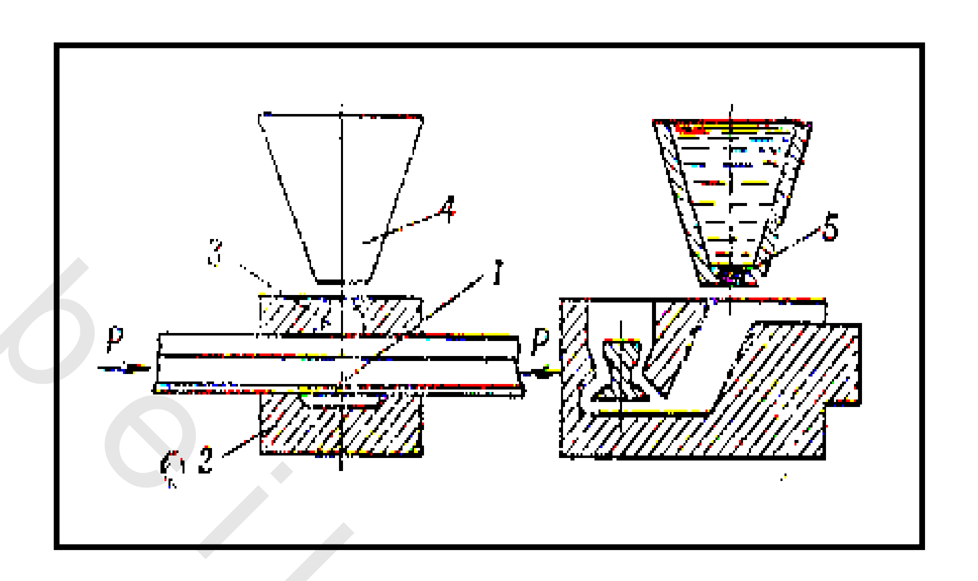
4- **اللحام الثرميتى** :

يستعمل اللحام الثرميتى لتوصيل القضبان و المواسير و لاصلاح الاجزاء الضخمة . و الثرميت عبارة عن خليط من مسحوق الالومنيوم و اكاسيد الحديد ، ويجرى احتراق الثرمبتا حسب التفاعل الاتى :

$$Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe + 185000 \text{ cal}$$

و قد تصل درجة الحرارة الناتجة عند الاحتراق الى 3000^o .

وبشكل (184) رسم تخطيطى للحام الثرميتى للقضبان، وتنظف الاطراف الموصلة بعناية من القذارة و الصدأ و توضع فى ركاب مكبس الضغط بحيث تتقابل اطرافها . وبعد ذلك يهذب الطرفان 1 و تركب عليها الروازق 2 المملوءة برمل المسبك . وتربط الروازق بقامطات و توضع باعلاها فوق فتحة نظام الصب 3 بودقة 4 بقاعها سدادة 5 . و يشعل الثرميت المصبوب فى البودقة . وبعد احتراق الثرميت تخرج السدادة 5 فيملأ الحديد المنصهر القالب . و يمنع التهذيب للاطراف تخلل المعدن المنصهر الى سطح اللحام فيسخن المعدن بحروف القضبان حتى الانصهار، وبعد ذلك تضغط القضبان باستعمال مكبس الضغط فتتكون فى مكان تقابلها وصلة ملحومة متينة . و عندما يبرد المعدن الى درجة 400^o ينزع القالب و يشذب مكان اللحام .



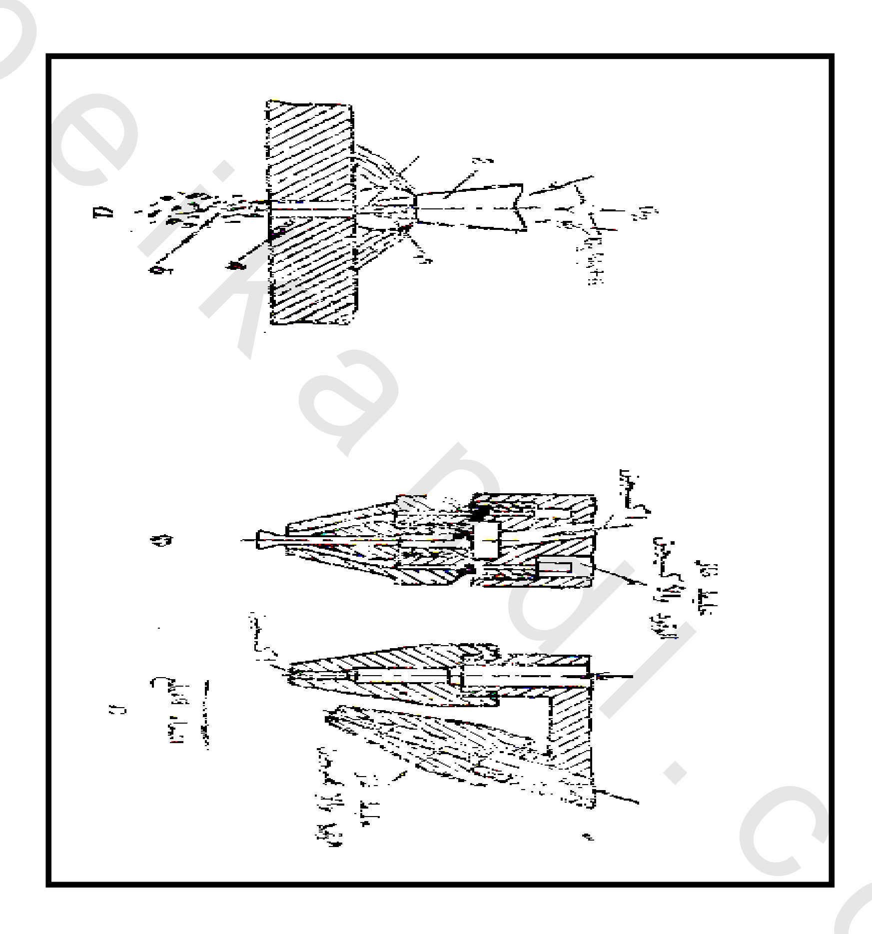
شكل رقم 184 ، رسم تخطيطى للحام الثرميتى

5- **القطع الغازى** :

يقوم القطع الغازى على استغلال قدرة المعدن المسخن على الاحتراق فى جو من الاكسيجن، ويمكن قطع المعادن التى تقل فيها درجة الاحتراق عن درجة الانصهار كالحديد و الصلب الكربونى المحتوى على كربون بنسبة حتى 0.7 ٪ و الصلب المنخفض السبيكية و بعض انواع الصلب العالى السبيكية فقط. و لايمكن قطع الزهر و المعادن غير الحديدية و سبائكها اذ ان درجة انصهارها اقل من درجة احتراقها ، ولان الخبث المتكون طثيف و لا يزال بالنفخ .

و هناك طريقتان للقطع : القطع الفصلى ة القطع السطحى . القطع الفصلى (شكل 185 ، a) يسخن مكان القطع بلهب غازى حتى درجة احتراق الصلب ثم يشعل الجزء المسخن بتيار اضافى من الاكسجين النقى مع نفخ الاكاسيد المتكونة . و عند القطع تسخن

الطبقات السفلى بواسطة الحرارة الناتجة عن احتراق الحديد و لا تسخن بلهب القاطع الا جزئيا ، و يستعمل كوقود للتسخين عند القطع الغازى الاستلين و الهيدروجين و بخار البنزين و الكيروسين و الغاز الطبيعى . ويجرى القطع بقاطع خاص يختلف عن بورى اللحام المعتاد بوجود قناة خاصة لمرور تيار الاكسجين القاطع .



شكل رقم 185 ، القطع بالغاز :

a- رسم تخطيطى للقطع بالغاز : 1- الاكسجين القاطع . 2- فونية .
3- الخليط المشتعل . 4- المعجن المقطوع . 5- نواتج الاحتراق .
b- قاطع ذو فونية مركزية . c- قاطع بوضع الفونيات على التوالى .

و قد يكون وضع فوميات القاطع متمركزا (شكل185 ، b) او على التوالى شكل (185 ، c) و يسمح تصميم القواطع من النوع الاول بالقطع فى جميع الجهات و عيبه هو الاستهلاك الكبير للخليط الغازى المحترق، وقواطع النوع الثانى اكثر اقتصادا بكثير، ولكنها لا تسمح بالقطع الا فى اتجاه واحد .

و يجرى القطع بالاكسى استلين بالطريقة الاتية : بعد ضبط الضغط المطلوب للاكسجيم بواسطة المخفض يفتح محبس الاستلين بالقاطع الى نهايته ثم يشعل اللهب و يضبط بفتح محبس الاكسجين المعد لقطع المعدن . و يبدأ قطع الاجزاء من حروفها ثم يحرك القاطع على الخط المشنكر، وتؤخذ المسافة بين المادة و نهاية الفونية من 3 – 6 مم، ويمكن ان يكون القاطع الغازى يدويا او بالماكينات، وقد حظت الماكينات النصف اوتوماتيكية و الاوتوماتيكية للقطع الغازى بانتشار واسع فى الصناعة . و فى الماتكنيات النصف اوتوماتيكية تكون حركة القاطع فى مستوى بواسطة تركيبة ميكانيكية و يوجه القاطع باليد او باستعمال طبعة . و فى الماكينات الاوتوماتيكية يكون تحريك القاطع و توجيهه اوتوماتيكيا ، ويحقق القطع الميكانيكى جودة عالية للقطع و انتاجية عالية ، ويمكن عند القطع باستعمال الطبعة ان يحل القطع الميكانيكى محل الكبس و التفريغ و التشغيل على المكاشط و غيرها من العمليات .

القطع السطحى :

و هو عبارة عن احد اشكال التشغيل باللهب الغازى للمعادن، ويستعمل لاصلاح عيوب صبب الصلب و لازالة المعدن الزائد بدلا من تشغيل الاجزاء على المكاشط و حجر الجلخ و غير ذلك، وللقطع

السطحى توضع فونية القاطع بزاوية 30 ^{o} على السطح المشغل فيحرق الطبقة المطلوب ازالتها من المعدن، ويمتاز السطح الناتج للقطع بملامسة كافية .

القطع بالقوس :

و يستعمل لقطع الخردة و لازالة المصبات و المصاعد بالمسبوكات و لقطع الزهر و سبائك المعادن غير الحديدية . و تتلخص العملية فى صهر المعدن فى مكان القطع بحرارة القوس الكهربائى .

و يجرى القطع فى وضع رأسى او مائل لتسهيل انياب المعدن المنصهر و يستعمل لقطع المواد التى لا يزيد سمكها عن 20 مم التيار المتغير و الاقطاب المعدنية . و يجرى القطع بالتيار المستمر باستعمال اقطاب من الكربون او الجرافيت، وعيب القطع بالقوس الكهربائى هو عدم استواء حروف القطع و كبر عرضه و تكون خيوط من المعدن المنساب على الجزء .

6- طرق ضبط الوصلات الملحومة :

يجرى ضبط الوصلات الملحومة بطرق مختلفة حسب الغرض من الجزء و ظروف عمله و خواص الوصلة الملحومة و عدد الاسباب الاخرى . و من اكثر طرق الضبط استعمالا :

1) المعاينة الخارجية . 2) الطريقة المغناطيسية . 3) الكشف بأشعة اكس و جاما. 4) الاختبارات المتالوجرافية . 5) الاختبارات الميكانيكية و غيرها .

و يمكن بالمعاينة الخارجية اكتشاف العيوب السطحية و ضبط شكل و مقاسات درزة اللحام و كثافة الوصلة المحومة، ومن

العيوب السطحية للحام عدم التحام الاجزاء تماما ، ازالة جزء من المادة الملحومة ، احتراق المعدن و المسامية و غيرها من العيوب الواضحة للعين المجردة . و يمكن اكتشاف الشقوق الصغيرة عند المعاينة الخارجية باستعمال عدسة تكبيرها $8 - 10$ مرات .

و تراجع مقاسات درزة اللحام و شكلها بواسطة طبعات خاصة عبارة من لوحات من الصلب بها قطع بالشكل الصحيح لدرزة اللحام . و تكتشف كثافة اللحام بتجربته بالكيروسين و لهذا الغرض يطلى اللحام من الخارج بطلاء طباشيرى و يبلل من الداخل بالكيروسين، وعند وجود مسام باللحام مهما كانت صغيرة يتخلله الكيروسين و يظهر من الخارج مكونا بقعة غامضة على سطح الطلاء الناصع .

و تسمح الطريقة المغناطيسية لضبط اللحام باكتشاف الشقوق و احتواءات الخبث و الفجوات و غيرها بالوصلة الملحومة . ويسمح الكشف بأشعة اكس و اشعة جاما بتحديد وجود الفقاقيع الغازية و طبقات الاكسيدية و شقوق عدم الالتحام و غيرها بالوصلة الملحومة .

وتجرى الاختبارات الميكانيكية على عينات من الالواح الملحومة خصيصا لذلك او من المصنوعة بنفسها .

و تجهز العينات لاختبارها بالشد و الصدمات و الثنى، وغير ذلك و تؤخذ لكل نوع من انواع الاختبار عادة ثلاث عينات على الاقل .

و تجرى الاختبارات الميتلوجرافية بالتحليل الميكروسكوبى والماكروسكوبى، وتقطع العينات المأخوذة للتجليخ فى مستوى مقطع اللحام العرضى، وتجهز العينات بالطريقة المعتادة، ويحدد التحليل الماكروسكوبى عمق الالتحام الانعزال و الفجوات و المسام و غيرها من العيوب، و يحدد التحليل الميكروسكوبى بنية اللحام و الطبقات المجاورة له و افراز الكاربيدات و تجاور التسخين و غير ذلك .



الباب الثامن والعشرون

اللحام بالقصدير والمونة


obeikandl.com

اللحـام بالقصـدير او المونـة هـو عمليـة لحـام الاجـزاء المعدنيـة بادخال سبيكة منصهرة بينها و هـذه السبيكة قد تكون سبيكة من القصدير و الرصاص او سبيكة نحاسية تسمى بالمونة و خلافا للحام بالصهر لا ينصهر المعدن الاصلى عند اللحام بالقصدير، ويجب انتكون درجة انصهار سبيكة اللحام اقل من درجة انصهار المعدن الملحوم و بالاضافة الى ذلك يجب ان تكون هذه السبيكة قادرة على اذابة سطحه و السريان عليه . و تتوقف متانة اللحام على درجة الانتشار المتبادل للمعدن الاصلى و سبيكى اللحام، والشرط الاساسى للحصول على لحام متين هو نظافة السطوح الملحومة . و لهذا الغرض ينظف سطح الجزء الملحوم اولا ميكانيكيا ثم ينظف كيمائيا باستعمال الفلكس، ويتوقف اختيار الفلكس على نوع سبيكى اللحام و المعدن الاصلى، ويمكن استعمال اللحام بالقصدير او المونة لجميع انواع الصلب الكربونى و السبيكى و للحام المعادن غير الحديدية و سبائكها و كذلك للحام المعادن المختلفة .

و يمتاز اللحام بالقصدير و المونة على اللحام الكهربائى و الغازى برخص العملية و بساطتها و امكان ابقاء التركيب الكيميائى و بنية الجزء و خواصه الميكانيكية ثابتة دون تغيير، و ينقسم اللحام بهذه الطريقة حسب درجة انصهار سبيكة اللحام و متانتها الى مجموعتين : 1) اللحام بالقصدير . 2) و اللحام بالمونة .

1- لحام القصدير :

و سبائك اللحام به عبارة عن سبيكة من القصدير و الرصاص و تمتاز هذه السبائك بانخفاض درجة انصهارها (حتى 350^{o}) وبسيولة جيدة و بقدرتها على السريان على سطح المعدن، و تحقق سبائك

القصدير مقاومة اللحام فى الحدود من3 – 10 كجم/ مم2، وبجدول (25)، اوردنا ماركات اكثر سبائك القصدير استعمالا للحام .

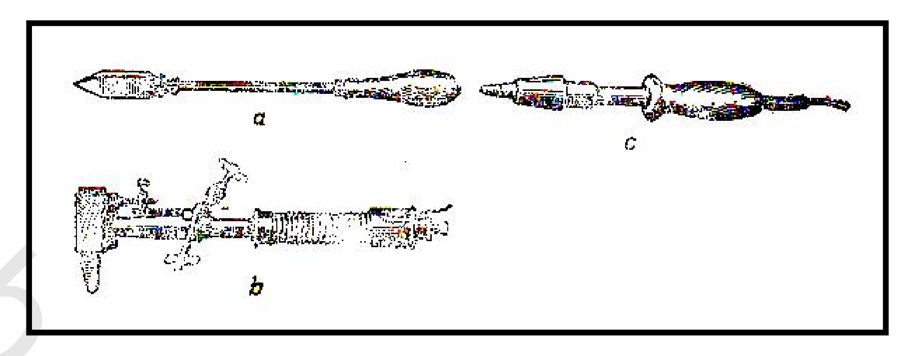
و ينظف سطح الجزء قبل اللحام من الدهون و الاكاسيد و الصدأ و البوية بالمبرد او بورق الصنفرة ثم ينظف كيميائيا ، ويستعل لهذا الغرض الفلكس . و يستعمل كلوريد الخارصين عادة كفلكس و يستعمل للحام النحاس و سبائكه القلفونية كفلكس و يستعمل للحام الخارصين و المصنوعات المجلفنة به محلول مائى بنسبة 10 ٪ لحامض الايدروكلوريك . وقبل لحام الاجزاء المنظفة ميكانيكيا و كيميائيا يجب ربطها بحيث لا تتحرك اثناء اللحم . و يمكن اجراء اللحام باستعمال مكواة اللحام او ابور اللحام او بغمر المصنوعة فى سبيكة اللحام المنصهرة و غير ذلك . و نصتع مكواة اللحام البسيطة من النحاس الاحمر على شكل خابور و تثبت على ساق من الحديد ذات يد خشبية، وتتراوح وزنها من 100 – 1000 جم . وتعامل المكواة اولا بالقصدير لتحسين التصاق السبيكة بها . و تسخن المكواة لهذا الغرض ثم يسمح سطحها العامل بقطعة من ملح النشادر توضع فى تجويفها قطع من القصدير و تصب بضع قطرات من كلوريد الخارصين، وتنظف المكواة بواسطة ملح النشادر من اكاسيد النحاس التى تظهر على سطحها عند التسخين .

جدول (25)

تركيب و خواص واستعمال سبائك القصدير و الرصاص للحام

ماركة السبيكة	التركيب ٪			درجة الانصهار^{o}م	امثلة الاستعمال
	قصدير	انتيمون	رصاص		
ЛОС-90	90 – 80	0.5 – 0.1	الباقى	222	للحام الداخلى للحلل المنزلية و الاجهزة الطبية
ЛОС-40	40 – 39	2 – 1.5	الباقى	235	للحام المصنوعات الحديدية و النحاسية
ЛОС-30	30 – 29	2 – 1.5	الباقى	256	لحام اجهزة و معدات الراديو و الصاج و غيرها
ЛОС-18	18 – 17	2.5 – 2	الباقى	277	لحام المصنوعات الاستهلاكية و الصفيح المطلى بالقصدير

و هناك مكوات غازية و كهربائية (شكل 186) و توضع المكواة المسخنة على مكان اللحام المجهز و فى نفس الوقت يقرب قضيب سبيكة اللحام بحيث يلمس المكواة، وتبدأ السبيكة فى الانصهار و فى السريان فى مكان اللحام، وبعد ذلك تسوى السبيكة الزائدة بالمكواة ز كثيرا ما يؤخذ القصدير اولا على الجزء العامل للمكواة ثم يوضع على مكان اللحام، ويجب عند اللحام بالقصدير ان نذكر ان الحصول على لحام جيد يتطلب تسخين مكان اللحام قبل اللحام .



شكل رقم 186 ، انواع مكاوى اللحام :

a- مكواة معتادة . b- مكواة غازية . c- مكواة كهربائية .

2- **لحام المونة** :

يعطى لحام المونة وصلات امتن و يستعمل للحام الصلب و الزهر و النحاس و البرونز و غيرها . وقد اوردنا فى جدول (26) ماركات و خواص انواع المونة. و تستعمل المونة على شكل قضبان و اشرطة حبيبات و ينصح للحام الاجزاء المصنوعة من الصلب باستعمال المونة التى لا تحتوى على كثير من الزنك، ويجب للحام سبائك النحاس ان تكون نسبة الزنك بالمونة عالية .

جدول (26) انواع المونة

ماركة المونة	النحاس	الزنك	الفضة	درجة الانصهار ^{o}م	اسم المونة
ЛМЦ-36	34 -38	الباقى	-	833	نحاسية زنكية
ЛМЦ-48	46 -50	الباقى	-	850	نحاسية زنكية
ЛМЦ-54	52 -56	الباقى	-	870	نحاسية زنكية
ЛМЦ-12	36	52	12	785	فضية
ЛМЦ-25	40	35	25	765	فضية
ЛМЦ-45	30	25	45	720	فضية

و انواع المونة الفضية ذات سيولة جيدة و مقاومة عالية للصدأ ، وتعطى هذه الانواع وصلات متينة تتحمل الصدمات الكبيرة و الاحمال الاهتزازية . وعند اللحام بالمونة تنظف السطوح الموصلة بعناية و تثبت فى تجهيزات بحيث يترك بينها خلوص لا يزيد عن 0.25 مم، وبعد ذلك يوضع على مكان اللحام الفلكس و المونة . وعند التسخين تبدأ المونة فى الانصهار و فى الانتشار و فى المعدن الاصلى مكونة وصلة متينة بعد التبريد . ويستعمل كفلكس البورق و حامض البوريك و مخلوطات منها . و يستعمل كفلكس عند لحام الالومنيوم و سبائكه محلول كحولى لخليط من 90 ٪ من كلوريد الزنك و 2 ٪ من فلوريد الزنك و 2٪ من فلوريد الصوديوم و 8 ٪ من كلوريد الالومنيوم بنسبة 30 ٪، ويستعمل كمصدر للحرارة للتسخين الموضعى عند اللحام بالمونة و ابور اللحام او بورى اللحام الغازى او الاجهزة العالية التردد، ويمتاز اللحام مع التسخين بالتيار العالى التردد بانتاجية عالية و نظافة و متانة اللحام و امكان اتمتة العملية بسهولة عند اللزوم . و يستعمل بالانتاج بالمجموعات و الانتاج بالجملة على نطاق واسع لحام الاجزاء الصغيرة فى الافران، وتستعمل لهذا الغرض افران كهربائية ذات جو غازى واق (من الهيدروجين و النشادر المتحلل و غيرهما) . و تجهز الاجزاء المعدة للحام بمطابقة مقاساتها بالبرادة ثم تجميعها ، ويترك فى اماكن اللحام خلوص لا يزيد عن 0.1 مم و يوضع على كونتور اللحام المستقبل سلك او شريط من النحاس، وتوضع الاجزاء المجهزة بهذه الطريقة على صوانى تدخل فى الفرن المسخن الى درجة 1150 – 1200 ^{o}، ويتوقف زمن ابقاء الاجزاء بالفرن على سمك المادة و يكون عادة من 10 – 25 دقيقة .

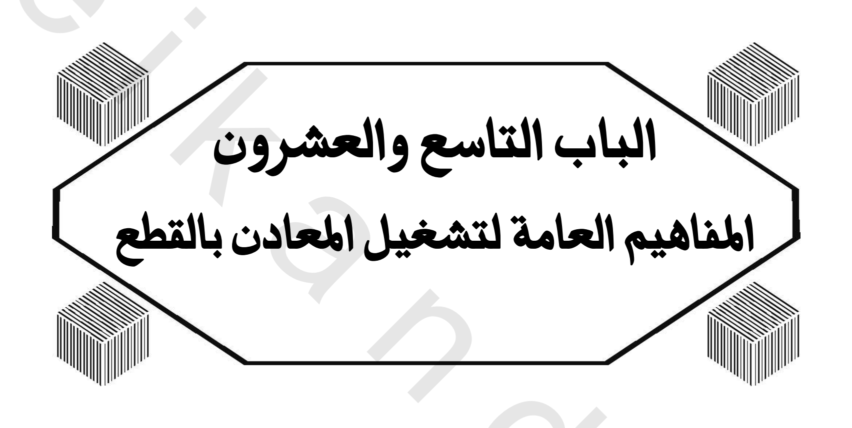
و تساعد درجة الحرارة العالية على انصهار النحاس الذى يسرى داخل الخلوص و ينتشر فى حروف المصنوعة مكونا لحاما متينا ، وبعد انتهاء العملية تبرد الاجزاء الى درجة 250 ^{o} فى غرفة للتبريد ذات جو واق ثم تخرج من الفرن و تبرد فى الهواء، وعند اجراء اللحام فى الافران ذات الحمامات الملحية تقى الاملاح المنصهرة المعدن من التأكسد مما يسمح بعدم استخدام الفلكس .



القسم السادس

تشغيل المعادن على البارد





الباب التاسع والعشرون

المفاهيم العامة لتشغيل المعادن بالقطع



الاستعمال الرئيسى لتشغيل المعادن بالقطع هو للحصول على اجزاء بالمقاسات و الشكل الهندسى المطلوبة و بالملامسة اللازمة للسطوح المشغلة، ويتم هذا اساسا بازالة الطبقة الزائدة من المعدن (علاوة التشغيل) من الخامة .

و تزال الطبقات الزائدة من المعدن (علاوة التشغيل) بواسطة الألآت القاطعة التى تحركها ماكينات القطع (التشغيل الميكانيكى) او يدويا (فى اعمال البرادة)، و تسمى هذه العمليات بتشغيل المعادن باقطع بازالة الطبقات الزائدة من المعدن على شكل رايش .

و الخامات المستعملة لصناعة الاجزاء : المسبوكات والمطروقات و المكبوسات و الخامات من المواد المدرفلة على شكل مقاطع .

و قد بينت الخبرة العملية بالمصانع انه عند تشغيل المعادن بالقطع يتحول الى رايش نحو 5 ٪ من الوزن الصافى لمعدن الخامة من مقاطع الصلب المدرفلة و نحو 10 ٪ من معدن الخامات المكبوسة فى اسطمبات و نحو 15 – 20 ٪ بالتقريب من معدن المسبوكات و المطروقات، ويمكن بالتقريب اعتبار ان نفاية المعدن المتحولة الى رايش تصل فى المتوسط لجميع اشكال الخدمات المشغلة بالورش الميكانيكية للمصانع الى نحو 15 ٪ .

و النسبة المئوية لتشغل المعادن بالقطع فى الصناعات الميكانيكية عالية جدا . و على سبيل المثال فان تكاليف تشغيل المعادن بالقطع تقدر فى الصناعات الميكانيكية المتوسطة بما يتراوح من 30 – 40 ٪ من التكاليف الكلية للجزء المصنوع، ولذلك فان كل خفض فى التكاليف الاجزاء و رفع الانتاجية عند تشغيل المعادن بالقطع و لو بنسبة

1 ٪ له اهمية فى الاقتصاد الوطنى .و يحقق تزويد المصانع الميكانيكية بماكينات القطع الحديثة العالية الانتاجية و تجديد الماكينات الموجودة بها و ادخال التصميمات الحديثة للآلآت القاطعة و التجهيزات و نظم القطع المنتجة زيادة انتاجية العمل و خفض تكاليف صناعة الاجزاء، وقد سمح القطع السريع للمعادن بتخفيض وقت التشغيل بالماكينات عند تشغيل الزهر بمقدار 2 – 3 مرات و عند تشغيل الصلب بمقدار 4 – 5 مرات . ولدراسة الطرق المختلفة لتشغيل المعادن يجب التعرف على اسس عملية قطع المعادن و بعض اشكال و تصميمات الألآت القاطعة والتجهيزات و ماكينة قطع المعادن و العمل عليها .

1- المعلومات الاساسية عن عملية تشغيل المعدن بالقطع :

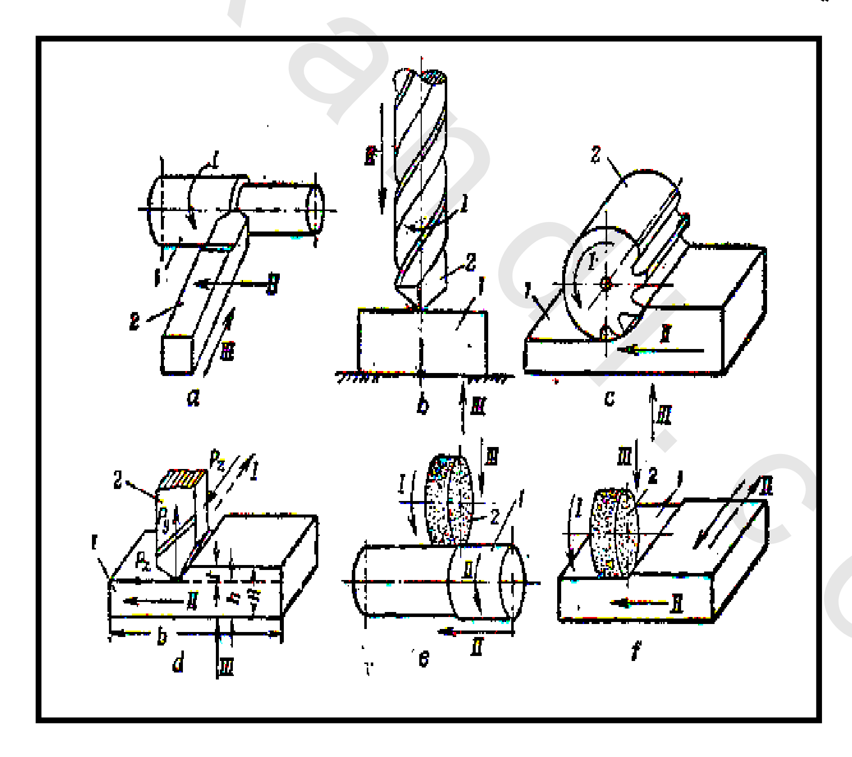
تتطلب الاشكال المختلفة للتشغيل الميكانيكى للاجزاء بازالة الطبقة الزائدة من المعدن على شكل رايش تتطلب تحريك الالة و الجزء المشغل حركات مختلفة (شكل 187)، وتنقسم هذه الحركات الى حركات اساسية و حركات ضبط مساعدة و حركات خاصة . و من الحركات الاساسية حركة القاطع I و حركة التغذية II (شكل 187)، ومن حركات الضبط المساعدة III (شكل 187) حركة حامل الالة و المائدة عند ضبط وضع الالة القاطعة او الخامة على العمق المطلوب لطبقة المعدن المزالة . و من الحركات الخاصة حركات التقسيم و التوزيع و غيرها .

و عند الخراطة (شكل 187 ، a) تقوم الخامة 1 بالدوران او بما يسمى بحركة القطع (الحركة الرئيسية) I و تتحرك الالة القاطعة (قلم الخراطة) 2 حركة مستقيمة ترددية موازية لمحور الخامة 1 او بما يسمى بحركة التغذية II .

و يمكن تحريك الالة القاطعة عند الخراطة عموديا لمحور الجزء المشغل – ما يسمى بالتغذية العرضية .

* عند التقب : (شكل 187 ، b) تحرك آلة الثقب (البنطة) 2 فى اغلب الاحوال حركتين : حركة دورانية (حركة القطع – I) ومستقيمة ترددية (حركة التغذية – II) و وتبقى الخامة I ثابتة اثناء عملية القطع .

* عند التفريز : (شكل 187 ، c) تتحرك الالة القاطعة (الفريزة) 2 حركة دورانية (حركة القطع – I)، وتتحرك الخامة 1 حركة مستقيمة ترددية عمودية على محور دوران الالة 2 (حركة التغذية – II) .



شكل رقم 187 ، الطرق الاساسية لتشغيل المعادن بالقطع

* عند التشغيل على المكاشط النطاحة : (شكل 187 ، d)
يحرك القلم 2 حركة ترددية مستقيمة (حركة القطع – I) و تتحرك الخامة 1 حركة التغذية – II .

و عند التشغيل على مكاشط العربة تحرك الخامة بحركة القطع بالمكاشط النطاحة و ما شابهها من المكاشط من المشوار العامل و المشوار العاطل، وحركة التغذية بهذه الالات متقطعة .

عند التجليخ (شكل 187 ، f,e) تتحرك الالة القاطعة (حجر الجلخ) 2 حركة دورانية (حركة القطع – I)، وتتحرك الخامة 1 حركة دائرية و حركة مستقيمة (حركة التغذية – II) عند تجليخ السطوح الاسطوانية (شكل 187 ، e) و حركتين مستقيمتين للتغذية II عند تجليخ السطوح المستوية (شكل 187 ، f) . ويتضح مما بحثنا من الاشكال الرئيسية لتشغيل المعادن بالقطع ان عمل اى من الماكينات القطع يتطلب وجود حركتين اساسيتين : حركة القطع (الحركة الرئيسية) I، وحركة التغذية II، وبالاضافة الى ذلك فان هذه الماكينات يجب ان تحتوى على حركة ضبط مساعدة III بالنسبة لجميع اشكال تشغيل المعادن بالقطع (شكل 187) . فعلى سبيل المثال يقرب القلم مع الحامل عند خراطة (شكل 187 ، a) السطوح الاسطوانية الى الجزء المشغل عند ضبط عمق الطبقة المزالة من المعدن فى بداية العمل، ويبعد عنه الى وضعه الاصلى عند انتهائه . و عند التفريز (شكل 187 ، c) و التجليخ المستوى (شكل 187 ، f) ترفع مائدة الماكينة و عليها الجزء المشغل الى الالى القاطعة (الفريزة او حجر الجلخ) عند ضبط عمق الطبقة المزالة من المعدن . و عند الثقب (شكل 187 ، b) يجب ان تحتوى ماطينات الثقب على حركة رأسية مساعدة للمائدة و عليها الجزء المشغل لضبط وضعه حسب ارتفاع الجزء .

و تنقسم ماكينات القطع حسب حركة القطع الى ماكينات ذات حركة قطع دائرية (كالمخارط و مخارط البرج و المخارط الكثيرة الالات و ماكينات الثقب و ماكينات التفريز و ماكينات التجليخ و المخارط الاوتوماتيكية و النصف الاوتوماتيكية)، و ماكينات قطعذات حركة قطع ترددية مستقيمة (كالمكاشط النطاحة و مكاشط العربة و المكاشط الرأسية و ماكينات المشد) .

و تنقسم ماكينات القطع حسب حركة التغذية بها الى ماكينات قطع بحركة تغذية مستقيمة (كالمخارط و مخارط البرج والمخارط الكثيرة الالات و ماكينات الثقب و ماكينات التفريز وماكينات التجليخ و المخارط الاوتوماتيكية و النصف الاوتوماتيكية) و ماكينات قطع بحركة تغذية دائرية .

(مكنات التفريز عند التفريز المستمر و ماكينات التجليخ ذات المائدة المستديرة الدائرة و غيرها) .

و العناصر الاساسية لعملية التشغيل الميكانيكى للمعادن هى : علاوة التشغيل، عمق المقطع، التغذية، مساحة مقطع الرايش و سرعة القطع و الزمن الاساسى (زمن التشغيل) . و يسمى المعدن الزائد المتروك على كل خامة و المراد ازالته بعملية القطع للحصول على الشكل الهندسى و المقاسات و دقة و ملامسة سطح الاجزاء الجاهزة الصنع بعلاوة التشغيل .

و اعطاء العلاوات الصحيحة للتشغيل فى منتهى الاهمية من وجهة النظر الاقتصادية، اذ ان وجود علاوة زائدة يبطئ من عملية التشغيل و يزيد تكاليف المصنوعة و استهلاك المعدن .

و يسمى عمق الطبقة المقطوعة من على سطح الجزء المشغل فى كل مرور للالة القاطعة بعمق القطع، ويركز لعمق القطع بالحرف t و يقاس بالميللمتر فى الاتجاه العمودى بين السطح المشغل و السطح الجارى تشغيله، ويحدد عمق القطع عند الخراطة الطولية للسطوح الاسطوانية حسب المعادلة (شكل 189) :

$$t = \frac{d - d1}{2} \text{ mm} \quad \cdots\cdots\cdots\blacktriangleright \quad 1$$

حيث d – قطر السطح الجارى تشغيله بالمم، d1 – قطر السطح المشغل بالمم، وعند تشغيل السطوح المستوية يكون عمق القطع مساويا (شكل 187، d) :

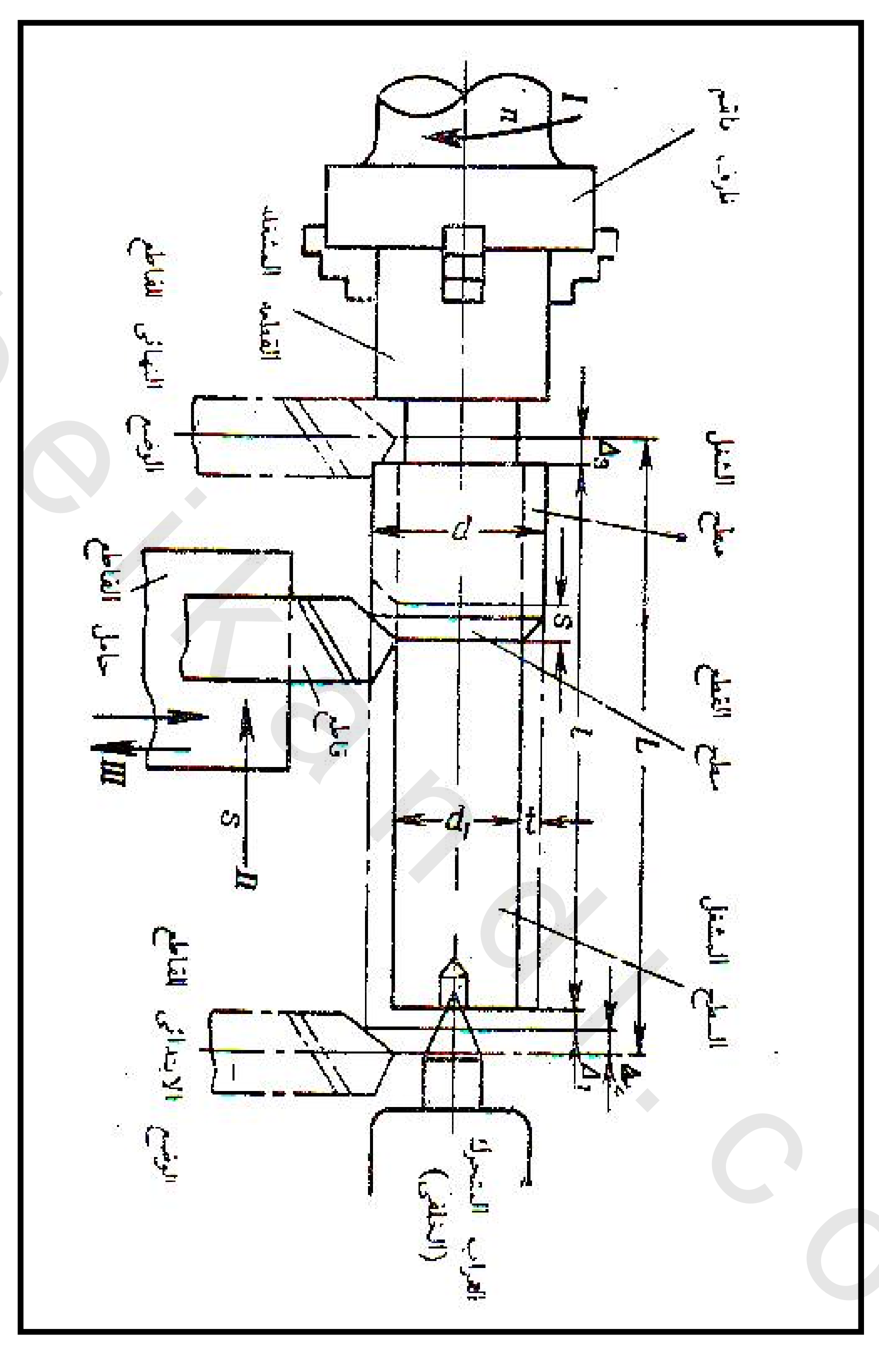
$$t = H - h \text{ mm} \quad \cdots\cdots\cdots\blacktriangleright \quad 2$$

حيث H – ارتفاع (او عرض او سمك) الجزء المشغل قبل التشغيل بالمم،

h – ارتفاع (او عرض او سمك) الجزء بعد التشغيل بالمم .

و التغذية :

هى حركة الالة القاطعة بالنسبة للجزء المشغل او الجزء المشغل بالنسبة للالة القاطعة فى اتجاه التغذية فى فترة زمنية معينة (فترة الدورة الواحدة للمحور بالمخارط و مخارط البرج و المثاقب و فترة المشوار المزدوج للرأس او للعربة بالمكاشط) و يرمز للتغذية بالحرف S وتقاس بالمليمتر لكل دورة للمحور (شكل 188) او بالمليمتر لكل مشوار مزدوج (شكل 187، b) .



شكل رقم 188 ، التشغيل بقلم الخراطة و المستويات عند القطع

وتقـاس التـغـذيـة ـ فـي الفـرايـز بالملليمتـر ـ فـي الدقيـقـة لكـل دورة من الـدورات المحـوريـة أو عـلـي كـل سـنـة مـن أسـنـان الفريـزه (شـكـل C 187) وتقـاس التـغـذيـة الـدائـريـة بمـاكـيـنـات التجـلـيخ الأسـطـواني (سـرعــة دوران الجــزء المشـغــل) بالمتــر / الدقيقــة وتســاوي المســاحــة الأسـمـيـة لمقطـع الرايـش (شـكـل 188) حـاصـل ضـرب عـمـق القـطـع فـي التغـذيـة أي أن $F= t . smm2$ (3)

سـرعـة القـطـع وهـي عبـارة عـن المسـافـة التـي يقـطـعـهـا الحـرف القـاطـع للآلـة بالنسـبـة للسـطـح المشـغـل فـي إتـجـاه الحـركـة الرئيسـيـة (حركـة القـطـع) فـي وحـدة الـزمـن وتقـاس سـرعـة القـطـع عـنـد الخـراطـة (شـكـل 188) علـي المخـارط ومـخـرط البـرج فـي المخـارط الكـثيرة الآلات والمخـارط الأوتومـاكـيـة والنصـف أوتومـاتيـكـيـة فـي مـسـتـوي دوران الجـزء المشتـغـل بإعتبـارهـا السـرعـة المحيطـة للسـطـح المشـتـغـل عـنـد أكـبـر قـطـر، ويـرمـز لسـرعـة

القـطـع بالحـرف V أي أن V = وتقـاس بالأمتـار فـي الدقيقـة ،

$$\frac{\mu dn}{1000m/min} \quad (4)$$

حيث V ـ سـرعـة القـطـع، مـتـر فـي الدقيقـة

d ـ قـطـر السـطـح المشـتـغـل للجـزء وفـي بـعـض الأحـوال قـطـر الآلـة القـاطـعـة، مم

n ـ عـدد لفـات المـحـور (عـمـود الإدارة) أو الجـزء المشـغـل، وفـي بعض الأحـوال عـدد لفـات الآلـة القـاطـعـة فـي الدقيقـة

وتقـاس سـرعـة القـطـع عـنـد التجـلـيخ بالمتـر فـي الثانيـة

زمن التشغيل الأساسي t o وهو الزمن اللازم لعملية تغيير شكل ومقاسات وسطح الجزء المشغل بالخراطة والثقب والتفريز والكشط ويحسب زمن التشغيل (الأساسي) عند الخراطة شكل 188 من المعادلة

$$To = \frac{L.i}{n.s} \quad min \qquad (5)$$

حيث L ـ الطول الحسابى (الكلى) لمشوار القلم فى اتجاه التغذية (شكل 188) بالمم – ويساوى طول السطح المشغل 1 زائدا مسافة اقتراب القلم Δ1 زائدا مسافة تعمق القلم Δ2 زائدا مسافة خروج القلم Δ3 .

n – عدد لفات الجزء المشغل فى الدقيقة .

s – تغذية القلم بالمم لكل لفة .

i – عدد مرات مرور القلم التى يقطع خلالها علاوة التشغيل (و يساوى علاوة التشغيل مقسومة على عمق المقطع) .

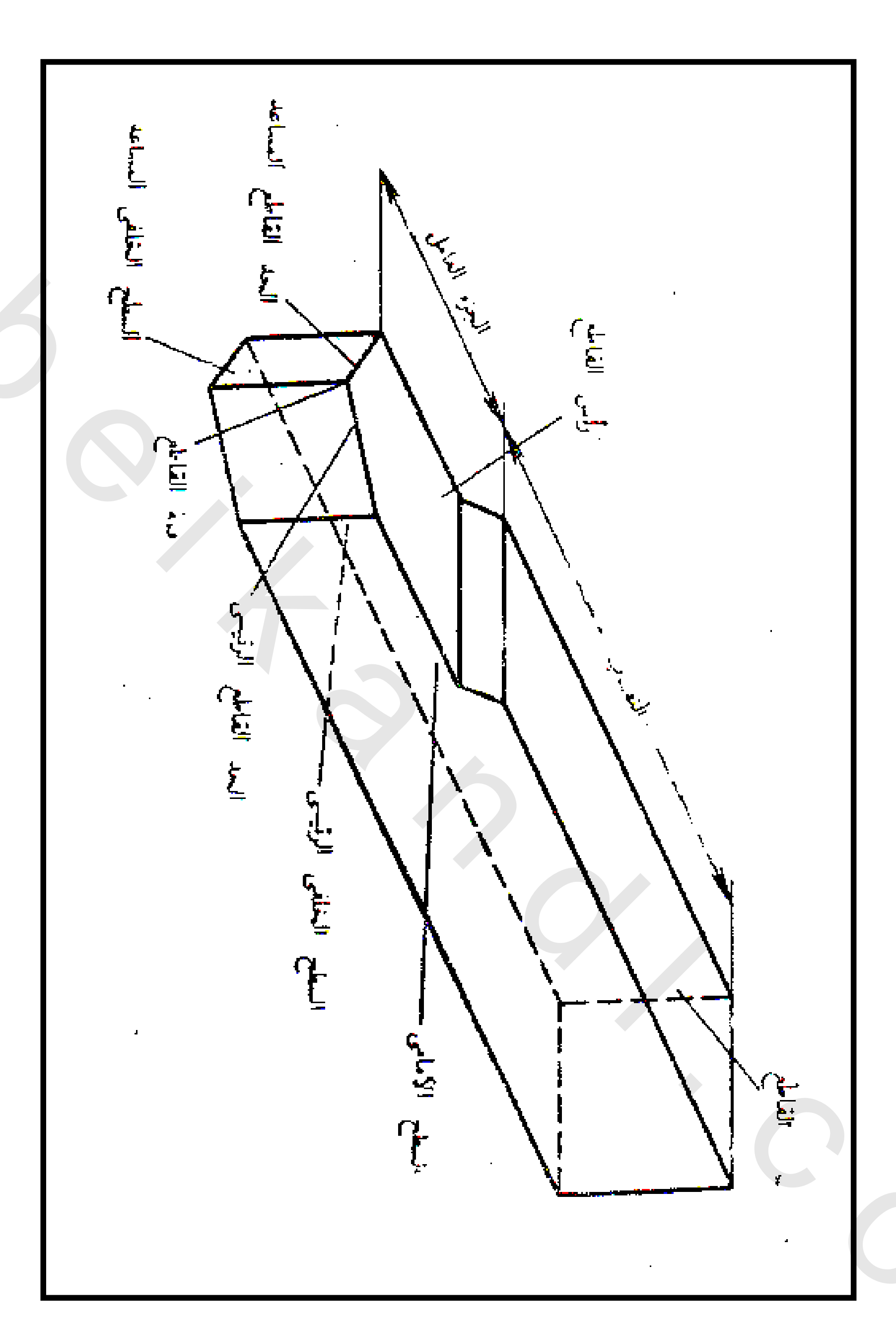
و من المعادلة (5) نرى انه كلما زاد عدد اللفات (او المشاوير المزدوجة) للجزء المشغل (او الالة) فى الدقيقة و كلما زادت التغذية كلما قل عدد مرات المرور و قل زمن التشغيل . و يمكن تقليل زمن التشغيل بتقليل عدد مرات المرور (بتقليل علاوة اتشغيل او بزيادة عمق المقطع) و بزيادة عدد اللفات (سرعة المقطع) و بزيادة التغذية .

و تسمى الالة التى تزال بواسطتها طبقة المعدن الزائدة (علاوة التشغيل) على شكل رايش بالالة القاطعة .

و الشكل الرئيسى للالات القاطعة هو شكل الاجنة، ويتوقف شكل الحد القاطع للالة على خواص المادة المشغلة و ظروف اجراء عملية القطع .

و ابسط الالات القاطعة بشكل الاجنة هى قلم المخرطة او المكشطة، وكل الالات القاطعة الاخرى (كبنطة المثقاب و الفريزة و البرغل) عبارة عن تحويرات لشكل قلم الخراطة .

و يتكون قلم الخراطة (شكل 189) من الجزء العامل (الرأس) و النصاب (البدن) و يستعمل لتثبيت القلم فى الحامل .و يتكون الجزء العامل للقلم بسن ثلاثة سطوح باحد طرفى القلم (بالتجليخ)، وهذه السطوح هى السطح الامامى و الخلفى الرئيسى و السطح الخلفى المساعد . و تنشأ الحدود القاطعة لقلم الخراطة (شكل 189) عن تقاطع السطوح المسنونة الثلاثة المذكورة . و ينشأ الحد القاطع الرئيسى الذى يقوم بقطع طبقة المعدن عن تقاطع السطح الامامى و السطح الخلفى الرئيسى .



شكل رقم 189 ، قلم الخراطة

ينشأ الحد القاطع المساعد عن تقاطع السطح الامامى و السطح الخلفى المساعد . و يسمى مكان اتصال الحدين القاطعين الرئيسى و المساعد بقمة القلم . و يمكن ان تكون قمة القلم حادة او مستديرة بنصف قطر من 0.1 – 2.0 مم . و تميز على الجزء المشغل (شكل 188) عند تشغيله بالالة القاطعة ثلاثة سطوح . السطح الجارى تشغيله و السطح المشغل و سطح القطع . و يجب ان تكون سطوح الجزء العامل للقلم بزوايا معينة حتى يقطع المعدن جيدا .

و تستعمل لتحديد زوايا القلم المستويات الاحداثية التالية :

المستوى الاساسى :

هو المستوى الموازى لاتجاهى التغذية الطولية و العرضية، وينطبق المستوى الاساسى باقلام الخراطة (شكل 190) ذات الشكل المنشورى على السطح السفلى لارتكاز القلم .

مستوى القطع :

هو المستوى المماس لسطح القطع و المار بالحد القاطع الرئيسى المستقيم، وينطبق مستوى القطع باقلام الكشط على سطح القطع .

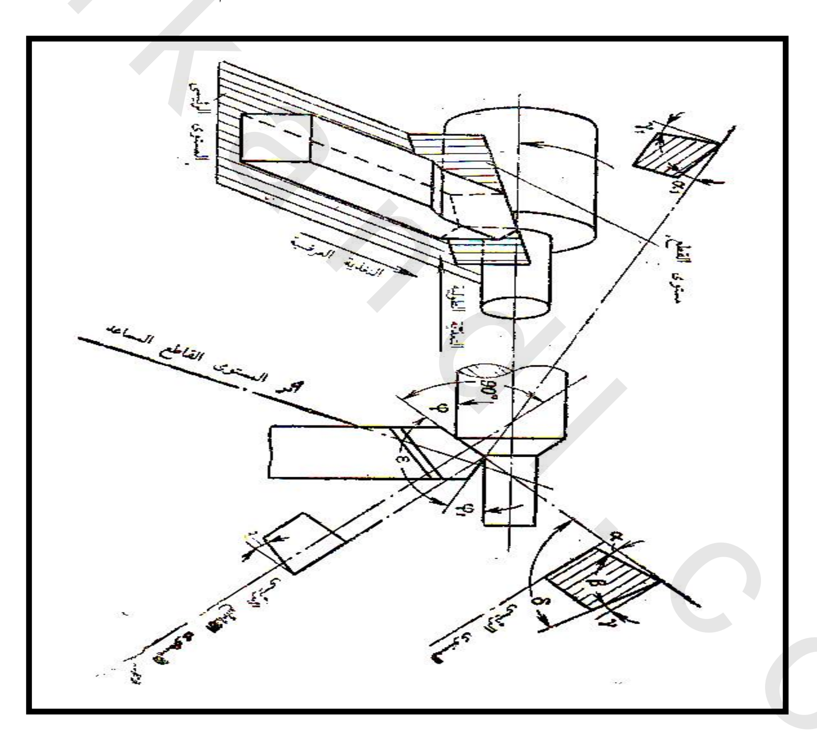
المستوى القاطع الرئيسى :

هو المستوى العمودى على مسقط الحد القاطع الرئيسى على المستوى الاساسى .

المستوى القاطع المساعد :

هو المستوى العمودى على مسقط الحد القاطع المساعد على المستوى الاساسى .

و تقاس زوايا القلم الرئيسية بالمستوى القاطع الرئيسى (شكل 190) و تسمى **بزوايا الخلوص الحقيقية** α الزاوية بين السطح الرئيسى الخلفى للجزء العامل للقلم و مستوى القطع . و الغرض من هذه الزاوية هو تقليل الاحتكاك بين السطح الخلفى للجزء العامل للقلم و السطح الجارى تشغيله، وتؤخذ عادة من $6 - 12°$. **وزاوية الالة** β هى الزاوية بين السطح الامامى و السطح الخلفى للقلم، و **زاوية الجرف** γ الزاوية بين السطح الامامى للقلم و المستوى العمودى على القطع و المار بالحد القاطع الرئيسى . و تلعب زاوية الجرف دورا كبيرا فى عمل القلم . فكلما زادت زاوية الجرف كلما كان تغلغل القلم فى الجزء المشغل



شكل رقم 190 ، المستويات عند القطع و زوايا القلم

اسهل و كان تشكل الرليش و قوة القطع و الطاقة المبذولة للقطع اقل و تؤخذ زاوية الجرف γ حسب خواص المادة المشغلة و تتراوح عادة بين - 10° الى + 30 ° و قد تبلغ عند التشغيل السبائك الخفيفة 40 ° .

و تسمى **بزاوية القطع δ** الزاوية بين السطح الامامى للقلم و مستوى القطع، وكما يرى من شكل (190) فان δ = 90 ° - γ . و تتوقف زاوية القطع على خواص المادة و تتراوح ما بين 50 ° (عندما تكون γ = 40°) الى 90 ° (عندما تكون γ = 0°) . و تكون زاوية القطع فى المتوسط 65 – 75 ° . و قد تصل عند القطع السريع الى 95 – 100 ° (اذ ان γ = - 5 – 10 °) .

و تسمى **بزاوية المقابلة φ** الرئيسية الزاوية بين مسقط الحد القاطع على المستوى الاساسى و اتجاه التغذية . و تتراوح الزاوية φ لاقلام الخراطة بالمرور بين 30°

(للخامات الجسيئة) الى 90 ° (للخامات الطويلة الرقيقة) و تؤخذ زاوية المقابلة عند تشغيل الاجزاء المتوسطة الجسؤة مساوية 45 ° .

و تقاوس زاوية الخلوص المساعدة $\alpha1$° و زاوية الجرف المساعدة $\gamma1$° و زاوية المقابلة المساعدة $\varphi1$° بالمستوى القاطع المساعد (شكل 190) .

و تسمى الزاوية ε بزاوية الرأس، وتقاس بين مسقطى الحدين القاطعين الرئيسى و المساعد على المستوى الاساسى .

و تسمى الزاوية λ بزاوية ميل الحد القاطع الرئيسى و تقع هذه الزاوية بين الحد القاطع و الخط المار بقمة القلم موازيا للمستوى

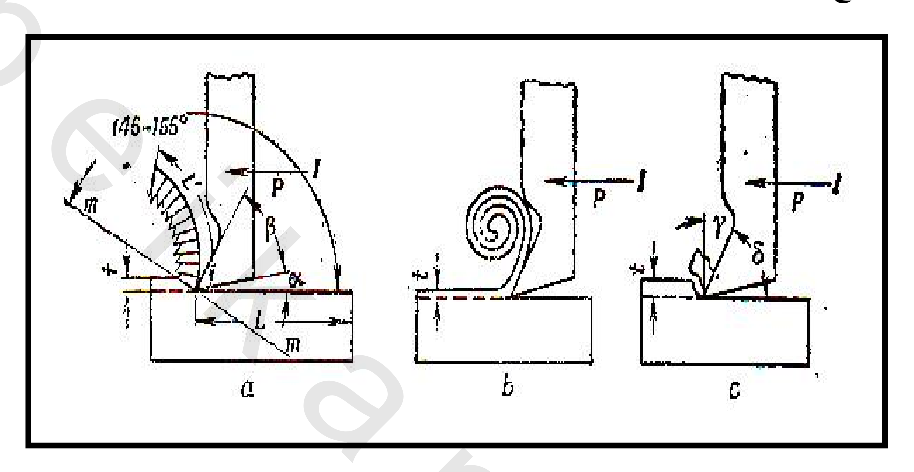
الاساسـى . و يمكـن ان تكـون الزاويـة λ موجبـة او سـالبة او مسـاوية للصفر .

و يسـتعمل لصـناعة الالات القاطعـة صـلب العـدة الكربـونى و الصلب السريع القطع (صلب الهواء) و السابئك الصلدة (الكربيدات) و تعمل الالات القاطعة المزودة بلقم من الصلب السريع القطع بسرعات لقطع تساوى فى المتوسط 2 – 2.5 ضعفا لسرعات قطع الالات المصنوعة مـن الصـلب الكربـونى (فـى نفـس ظـروف التشـغيل)، وتسـمح الالات المزودة بلقم مـن الكاربيدات بسرعة للقطع تبلغ 3 – 5 اضعاف سرعة القطع بالالات المصنوعة من الصلب السريع القطع .

و يتوقف شكل الرايش عند تشغيل المعادن بالقطع على خواص المادة المشغلة و على شكل الالة القاطعة و ظروف القطـع، و يلاحظ فـى عملية قطـع المعـادن ظـاهرة انكمـاش الـرايش، وينـكمش الـرايش عـادة طوليا (و ينتفش) عرضيا ، ويصل انكماش الـرايش طوليـا عنـد تشـغيل المـواد اللدينـة الى الضعفين او اكثـر، ولا ينـكمش الـرايش عنـد تشـغيل المواد القصفة كثيرا .

و تتكـون فـى عمليـة القطـع ثـلاث انـواع مـن الـرايش، رايـش التشـقق (شـكل 191 ، a) الـرايش المنسـاب (شـكل 191 ، b)، الرايش المفتت (شكل 191 ، c) و يتكـون رايش التشـقق عنـد تشـغيل المعادن بسرعات صغيرة للقطع . او عنـد زيادة سمك الطبقـة المزالـة مـن المعـدن او صـغر زاويـة الجـرف . و يتكـون الـرايش المنسـاب عنـد تشـغيل المـواد اللدانـة (كـالصلب الطـرى و النحـاس)، ويتكـون الـرايش المفتـت عنـد تشـغيل المعـادن القليلـة اللدونـة و القصـفة (كـالزهر و البرونـز) . و يمكـن ان يتكـون عنـد التشـغيل رايش متوسـط فيمـا بـين هـذه الحـالات

حسب صلادة و متانة المعدن المشغل و شكل القلم و ظروف القطع (عمق القطع و التغذية و سرعة القطع)، وتنفصل جزيئات الرايش المنفردة (شكل 191، a) و تتحرك بالنسبة للكتلة الاساسية للمعدن فى المستوى mm الذى يسمى بمستوى التشقق و يميل على اتجاه حركة القطع 1 بزاوية التشقق و تساوى نحو 145 – 155 .



شكل رقم 191 ، انواع الرايش

مفهوم التفاوت و التوافق و القياس :

يجب عند تجهيز الماكينات و الاجهزة المختلفة ان يمكن عند تجميع اجزائها المنفصلة المشغلة على مكنات القطع ان تتوافق مقاساتها دون تشغيل اضافى او توفيق فردى . و تسمى امكانية استبدال الاجزاء عند تجميع الماكينات او اصلاحها باخرى دون تشغيل اضافى بالتبادلية . و الشرط الاساسى لامكان التبادلية هو تشغيل المعادن بطريقة تضمن انتاج اجزاء متماثلة الدقة .

و تسمى **بدقة التشغيل** درجة مطابقة مقاسات الجزء الفعلية لمقاساته التى يحددها الرسم الهندسى، ومن المعلوم انه عند التشغيل على

ماكينات القطع يستحيل الحصول على مقاسات الجزء المشغل بدقة نظرا لان دقة الماكينات و الالات القاطعة و اجهزة القياس محدودة، ولهذا السبب فانه من المستحيل انتاج اجزاء بمقاسات مضبوطة تماما ومنطبقة على المقاسات التى يحددها الرسم و المسماة بالمقاسات الاسمية (الحسابية) . و تسمى مقاسات الجزء الناتجة بعد تشغيله بالمقاسات الفعلية .

و يسمى الفرق بين المقاسات الفعلية و الاسمية **بانحراف المقاسات** ، ولا تكون المقاسات الفعلية للاجزاء متساوية تماما بعضها مع البعض حتى عند تشغيلها جميعا بنفس الطريقة و لكنها تتروح فى حدود معينة، ولذلك فان الخواص المطلوبة للتوافق بين جزئين لا تتحقق الا اذا حددت المقاسات القصوى و الدنيا المسموح بها اما بالخبرة العملية او بالحساب، وكانت المقاسات الفعلية تقع بينها، وهكذا فان المقاسات الحدية هى تلك المقاسات التى يمكن ان يترواح بينها المقاس الفعلى، ويسمى احد هذين المقاسين بالحد العلوى و الاخر بالحد اسلفلى، وعلى ذلك فان الاجزاء القابلة للتبادلية فيما بينها هى تلك الاجزاء المنتجة بدرجة محددة لدقة مقاستها .

ويعرف الحد المسموح به لعد م دقة التشغيل بالتفاوت ، وهوالفرق بين الحد العلوى والسفلى للمقاس . وعلى سبيل المثال اذا كان المقاس الاسمى 40 مم والحد العلوى 39.95 مم والحد السفلى 39.85 مم فان تفاوت التشغيل يكون 0.10 مم . وتعتبر جميع الاجزاء التى تقع مقاساتها يسن هذين الحدين صالحة، وتعتبر الاجزاء التى تزيد مقاساتها عن الحد العلوى او تقل عن الحد السفلى غير صالحة لعدم موافقتها للمواصفات الفنية للانتاج و لظروف عمل الماكينة .

التوافق :

هو نوع الاتصال بين جزئين يركب احدهما داخل الاخر و الـذى يحقق بدرجات مختلفة متانة اتصالهما او سهولة حركة احـدهما بالنسـبة للاخر .

و التوافقـات المسـتعملة بالصـناعات الميكانيكيـة تكـون عـادة احـد نـوعين رئيسـين توافقـات ثابتـة (حشـر)، وتوافقـات متحركـة . ويكـون قطـر العمـود باتلتوافقـات الثابتـة اكثـر بقليـل مـن قطـر الثقـب . وبالتوفقات المتحركة يجب ان يكون قطر الثقب اكثر بقليل من قطر العمود ، ويتطلب الامر عمليا وجود اكبر عـدد ممكـن نتـذلك مـن انـواع التوافقات و تحديد احوال استعمال كل منها بدقة اكبر . و سنورد فيمـا يلـى سـجلا بـانواع التوافقـات المسـتعملة فـى الصـناعات الم الحديثة :

جدول 27

التوافقات الثابتة	التوافقات المتحركة
حشر على الساخن	محكم
حشر	منزلق
كبس خفيف	حركة
أصم	جار
زنق	سهل الحركة
متوتر	واسع الحركة

و التوافقـات المـذكورة مـوردة بترتيـب خـاص و تبـدأ بأكثرهـا ضمانا لثبـات الاتصـال بـين الاجـزاء (توافـق الحشـر علـى السـاخن) حتـى تصل الى التوافق الواسع الحركـة و بـه تكـون الحركـة النسـبية الجـزئين على اكثر ما تكون من الحرية .

و تحدد المواصفات القياسية للتفاوت و الازدواجات بالصناعات الميكانيكية عشر درجات مختلفة للدقة و هى الدرجات 1، 2، 2أ، 3، 3أ، 4، 5، 7، 8، 9، و لا تستعمل الدرجة السادسة للدقة حتى الان .

فالدرجة الاولى هى اكثرها دقة و تستعمل لصناعة اجزاء كراسى المحاور الكرية و اجزاء الاجهزة التى تعمل بضغط الهواء .

و الدرجة الثانية اكثر انتشارا، وتستعمل بالصناعات الميكانيكية الدقيقة و صناعة الاجهزة و صناعة مكنات القطع و صناعة المحركات .

و تستعمل الدرجة الثالثة للدقة فى الصناعات الميكانيكية العامة و صناعة محركات الديزل و صناعة ماكينات النسيج .

و تستعمل الدرجة الرابعة للدقة فى صناعة القاطرات البخارية و الالات الزراعية .

و تستعمل الدرجة الخامسة للتوافقات التى لا تتطلب دقة كبيرة.

وتستعمل درجات الدقة السابعة و الثامنة و التاسعة للمقاسات الحرو و للاجزاء المجهزة بالكبس فى اسطمبات على الساخن او بغير ذلك من طرق التشكيل على الساخن .

و تستعمل الدرجات المتوسطة 2أ و 3أ فى بعض الحالات الخاصة، وقد ادخلت هذه الدرجات مؤخرا بالنظام و لذلك يرمز لها بهذين الرمزين، و من المهم عند صناعة الاجزاء بالاضافة الى درجة الدقة، الحصول على درجة عالية من الملامسة للسطح المشغل .

و تقاس ملامسة السطح بمتوسط ارتفاع الخشونات من قمتها الى واديها و تحدد المواصفات القياسية السوفيتية 14 درجة لملامسة السطوح يرمز لها بالرمز ∇ ، و بجواره رقم الدرجة مثل 6 ∇مثلا ، ولكل درجة من درجات الملامسة قسمة محددة لارتفاع الخشونة بالميكرون، ويسمح فى الدرجة الاولى للملامسة (1 ∇)، بارتفاع متوسط للخشونات من 125 – 300 ميكرون و يسمح فى الدرجة الرابعة عشر (14 ∇) بارتفاع متوسط للخشونات حتى 0.06 ميكرون .

و ضبط المقاسات الهندسية للاجزاء المجهزة بالتشغيل بالقطع يتلخص فى قياس ابعادها الطولية و زواياها .

و تستعمل لقياس الابعاد الطولية (اقطار السطوح الداخلية و الخارجية و المسافة بين السطوح و المستويات و المحاور) ادوات القياس و منها اشرطة القياس و المساطر و البراجل و القدمات ذات الورنية و محددات قياس الارتفاع ذات الورنية و مقاييس العمق و الميكرومترات و قدود القياس و المبينات ذات التدريج القرصى و المنيمترات و الاوبتيمترات و ماكينات القياس و غيرها .

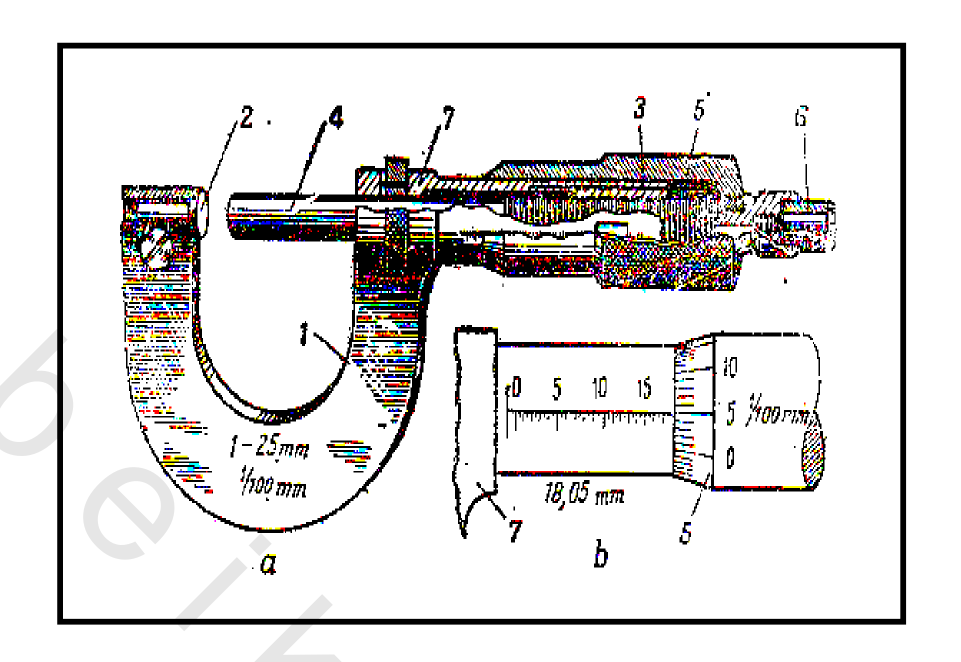
و تستعمل لقياس الزوايا المثلثات و مناقل قياس الزوايا و قدود الزوايا و الميكروسكوبات العامة و ميكروسكوبات القياس . و تستعمل للقياسات فى صناعة الاجهزة الكهربائية (أجهزة التلامس الكهربائية و الاجهزة الحثية و المكثفية و الفوتوكهربائية) .

و تنقسم ادوات القياس الى ادوات للقياس المباشر و ادوات للقياس المقارن، وفى الطريقة المباشرة يقاس الطول كله باستعمال الورنية او الميكرومتر . و فى طريقة القياس المقارن يقاس انحراف الطول المقاس القياسية (كالقياس باستعمال مبين بتدريج قرصى) .

و بشكل (192) بينا ميكرومتر لقياس الاجزاء دقته 0.01 مم (او 10 ميكرون) و يتركب من الاجزاء التالية :

الاطار 1 و به الفك الثابت 2 و الصامولة 3 و العمود الملولب 4 و الجلبة الخارجية 5 . و عند ادارة الجلبة الخارجية بتحرك العمود الملولب 4 بالنسبة للصامولة فتتغير بذلك المسافة بين الفك الثابت 2 و العمود 4 . و للحصول على دقة واحدة عند القياس بالميكرومتر يجب ان يضغط العمود 4 باستمرار على الجزء المقاس بقوة متساوية ، وتستعمل لهذا الغرض تركيبة السقاطة 6 المتصلة بالجلبة 5 بواسطة سقاطة يضغط عليها نابض (سوستة) . و عند تلامس العمود 4 بالجزء المقاس تبدأ السقاطة فى الانزلاق حرة و تقف الجلبة 5 مع العمود 4، و نتيجة لذلك فان الشئ المقاس يضغط دائما بنفس القوة .

و بالعمود 4 لولب خطوته 0.5 مم بحيث يتحرك طرفه 0.5 مم بكل دورة ، ويقسم محيط الطرف المشطوف للجلبة الى 50 قسما ، وتقرأ اقسام المليمترات و انصاف المليمترات على تدريج جلبة الاطار7 و الاجزاء من مائة من المليمتر على تدريج الجلبة الخارجية ، وعلى سبيل المثال اذا كانت 18 قسما من اقسام تدريج الجلبة 7 قد انكشفت عند القياس و كان الخط الطولى على هذه الجلبة ينطبق على القسم الخامس من تدريج الجلبة الخارجية (شكل 192، b) فان البعد المقاس يساوى 18.05 مم .



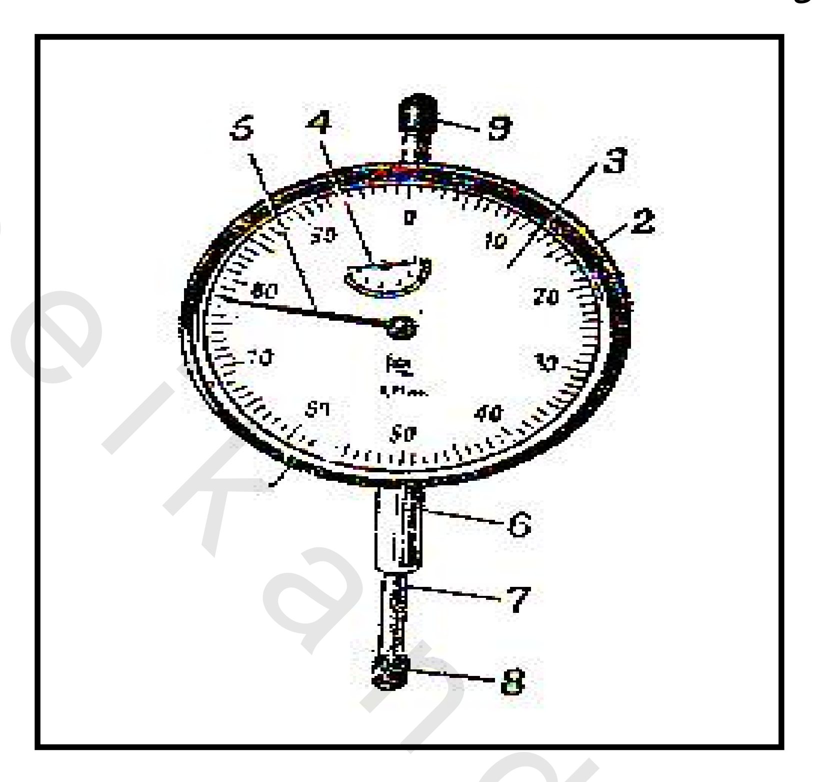
شكل رقم 192 ، الميكرومتر

و بشكل (193) مبين بتدريج قرصى من الطراز الذى تساوى قيمة القسم بتدريجه 0.01 مم و المستعمل لقياس انحراف بعد او شكل الجزء عن القيمة المطلوبة بدقة 0.01 مم (10 ميكرون) . و اجزاء المبين الاساسية هى :

الجسم 1 و الاطار 2 الميناء (التدريج القرصى) 3 و عليه تدريج محيطى، و مبين عدد الدورات او المليمترات الصحيحة 4 و المؤشر الرئيسى 5 و الجلبة 6 و ساق القياس 7 و طرف القياس 8 و رأس 9 ساق القياس 7 .

و يضبط المبين على الصفر بادارة الاطار 2 و معه التدريج 3، وبتدريج المبين 100 قسم و الدورة الواحدة للمؤشر 5 تقابل حركة ساق القياس 7 بمقدار 1 ملليمتر و دوران مبين عدد الدورات 4 بمقدار للانحرافات مبينات قيمة القسم بها ميكرونان، وبها تقابل القسم

الواحد على التدريج حركة مقدارها 0.002 مم (ميكرونان) للساق .



شكل رقم 193 ، مبين ذو قرص مدرج

2- **انواع ماكينات القطع** :

بينا فيما سبق ان ماكينات القطع تستعمل لتشغيل خامات الاجزاء بازالة الطبقات الزائدة من المعدن بها باستعمال احدى الالات القاطعة (كقلم الخراطة او بنطة المثقاب او الفريزة او المشد او حجر الجلخ) . ومن هذا التعريف نرى ان خواص (وبالتالى تسمية) المجموعات المنفصلة و انواع ماكينات القطع تتوقف على عوامل مختلفة . طريقة التشغيل، نوع الالة القاطعة، ودرجة اتمتة الماكينة، درجة ملامسة

السطح المشغل، درجة الدقة، و الخصائص الامشائية و عدد الاجزاء الهامة العاملة بالماكينة ....الخ.

و على سبيل المثال فان ماكينات القطع العامة تنقسم حسب طريقة التشغيل و نوع الالة القطعة الى مخارط و ماكينات ثقب و ماكينات تفريز و ماكينات مشد و ماكينات تجليخ و ماكينات قطع التروس .

و تؤثر درجة اتمتة الماكينة و نوعها على تسميتها ، فتسمى بعضها اوتوماتية او نصف اوتوماتية او هيدرولية او ذات تحكم الكترونى – ايونى .و تنقسم ماكينات القطع حسب ملامسة السطح المشغل الى ماكينات تجليخ خشن او تجليخ نهائى او ماكينات تلميع او ماكينات تحضين و ماكينات للقطع المبدئى للتروس او لتشطيب التروس .

و تسمى الماكينات حسب خصائصها الانشائية الى ماكينات تفريز افقية و رأسية و وماكينات ثقب رأسية و افقية و غير ذلك .

و تنقسم الماكينات حسب عدد الاجزاء العاملة بها كعدد المحاور او الالات القاطعة او حوامل الالات فيقال مثاقيب وحيدة المحور او كثيرة المحاور و مخارط كثيرة الالات او كثيرة الحوامل او بمائدة مستديرة تحمل الاجزاء .

و لما كان عدد المجموعات المختلفة و الانواع و الموديلات المختلفة لماكينات القطع المستعملة بالصناعة المكيانيكية الحديثة ضخما فان اسمائها تحدد حسب العوامل المذكورة اعلاه و يتبع لذلك نظام خاص للترقيم لتمييز المجموعات و الانواع و الموديلات المختلفة

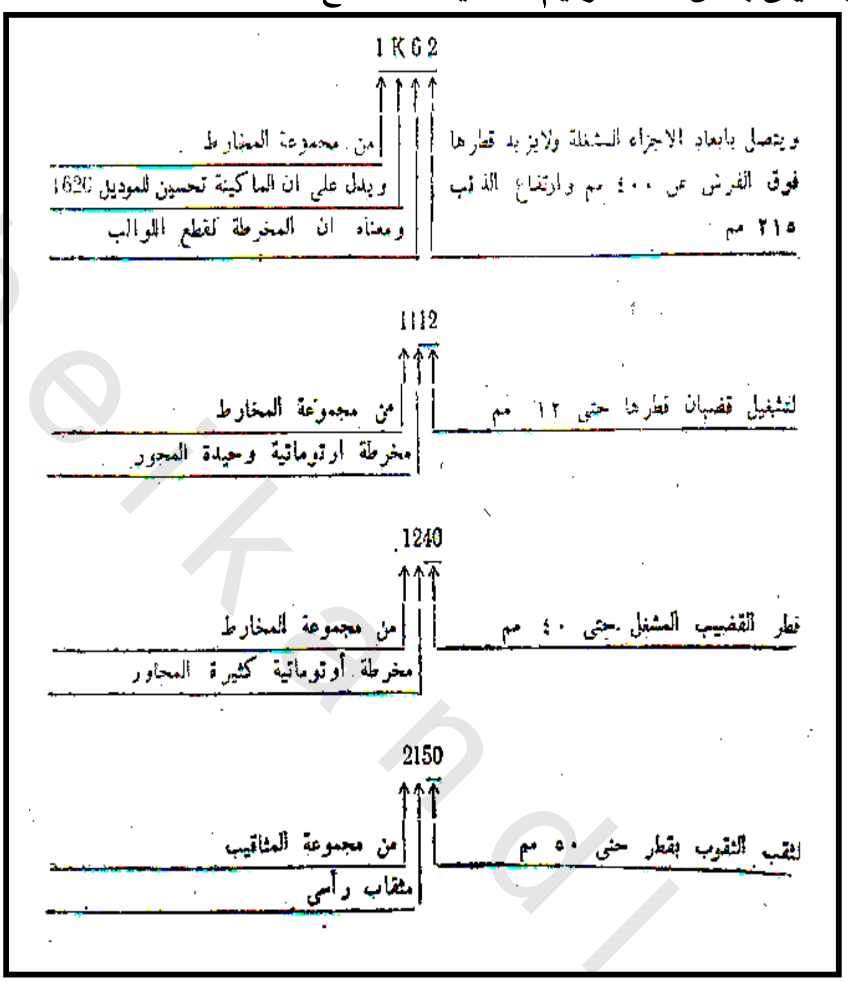
لماكينات القطع السوفييتية و قد وضع هذا النظام المعهد التجريبى لابحاث الات الورش (انيمس) .

و نظام الترقيم مبنى على مبدأ اعطاء كل ماكينة رمزا يتكون من ثلاثة او اربعة ارقام، ويدل الرقم الاول على المجموعة التى تنتمى اليها الماكينة و الثانى على نوع (نموذج) الماكينة و يدل الرقمان الثالث و الرابع بطريقة متفق عليها على ابعاد الاجزاء المشغلة على الماكينة، ويضاف الى الرمز حرف لتمييز الموديل الجديد للماكينة عن الموديلات السابقة لنفس الماكينة بنفس المقاسات . و يدل وجود الحرف بعد الرقم الاول على ادخال تحسينات عصرية بالماكينة و يدل وجوده بعد ارقام الرمز كلها على ادخال تغييرات فى الموديل الاساسى للماكينة .

و بنظام انيمس لترقيم ماكينات القطع تقسم ماكينات القطع الى عشر مجموعات مختلفة و الى عشرة انواع مختلفة . و على سبيل المثال فللمخارط يكون الرقم الاول هو 1 و للمخارط النصف اوتوماتية و الاوتوماتية الوحيدة المحور يكون الرقم الثانى هو 1 و للكثيرة المحاور 2، و الرقم الثانى لمخارط قطع اللولب 6 . و الرقم الاول لمجموعة ماكينات الثقب و ماكينات الخراطة الداخلية هو 2 . و الرقم الثانى للمثاقب الرأسية هو 1 وهكذا .

و يرتبط الرقمان الثالث و الرابع بالامثلة المذكورة على ابعاد الاجزاء المشغلة على الماكينات، و يسمح النظام الموضح لترقيم ماكينات القطع بتمييزها عن بعضها بسهولة بواسطة الرمز الخاص بكل منها .

وفيما يلى بعض امثلة ترقيم ماكينات القطع :



3- **المخارط و العمليات التى تجرى عليها** :

نستعمل المخارط للقيام بعمليات بالغة الاختلاف : كخراطة السطوح الاسطوانية و المخروطية و الواجهية و لخراطة الثقوب الاسطوانية و المخروطية و لقطع اللوالب (القلاووظ) الخارجية والداخلية، وللثقب و التجويف لردوس المسامير و لتشطيب الثقوب بالبرغل و لغير ذلك من الاعمال .

و تستعمل نظرا للاختلاف الكبير للاعمال المجراة على المخارط الات قاطعة مختلفة الشكل و ان كان اهمها اقلام المخارط .

و تنقسم اقلام المخارط الى انواع مختلفة : اقلام خراطة تخشين و خراطة تنعيم و اقلام خراطة جانبية و اقلام الفصل و اقلام قطع اللولب (القلاووظ) و اقلام الخراطة التشكيلية و اقلام الالخراطة لخراطة التنعيم الدقيق و اقلام الخراطة الداخلية و اقلام الخراطة السريعة .

واقلام خراطة التخشين :

ذات الحد القاطع المستقيم (شكل 194 ، a) تستعمل للتشغيل المبدئى الخشن للاجزاء بتغذية طولية .

و تستعمل اقلام خراطة التنعيم :

للتشغيل النهائى للاجزاء، وللحصول على سطح مشغل املس يجعل نصف قطر استدارة قمة اقلام التنعيم اكبر منه باقلام التشخين، وبشكل (194 ، b، c) بينا الجزء العامل باقلام خراطة التنعيم الضيقة و العريضة و شكل حدودها القاطعة .

و اقلام الخراطة الجانبية (الواجهية) :

تستعمل للخراطة العرضية و لخراطة السطوح الجانبية ، وبشكل (194 ، d) بينا شكل الجزء العامل لهذه الاقلام .

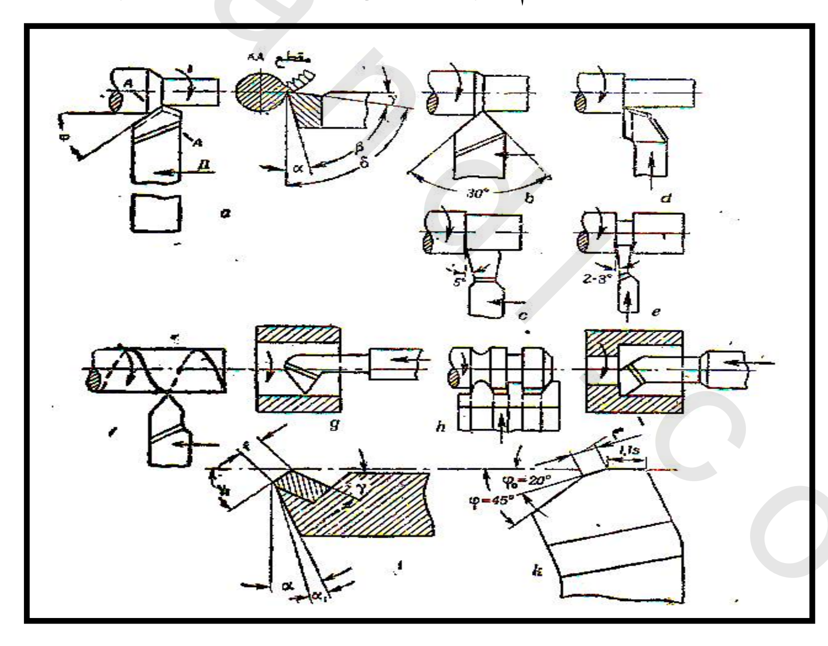
اقلام الفصل (شكل 194، e) :

و الغرض منها هو قطع اجزاء من القضيب و كذلك خراطة المشقبيات الضيقة بالاجزاء، و لتقليل الاحتكاك بسطح الجزء تصنع الاسطح الجانبية للجزء العامل لاقلام الفصل بخلوص قدره 2 – 3 ° .

اقلام اللولبة (القلاووظ) :

(شكل 194 ، f ، g) و تستعمل لقطع اللولب و يجب ان يوافق شكل حدودها القاطعة الشكل الجانبى للقناة اللولبية المقطوعة (القلاووظ) و تنقسم هذه الاقلام حسب الشكل الجانبى للولب (انظر شكل 210) الى اقلام لقطع اللولب المثلثية او المستطيلة او المربعة او الشبه منحرفة، كما تنقسم الى اقلام لقطع اللوالب الخارجية (شكل 194، f) و اقلام لقطع اللوالب الداخلية (شكل 194، g) .

** و تستعمل اقلام خراطة التشكيل (شكل 194، h) لخراطة الاجزاء ذات الشكل الجانبى الوجهى، و يقابل الحد القاطع للاقلام الشكل الجانبى الوجهى للجزء، وتعمل اقلام التشكيل بتغذية عرضية، فيما عدا اقلام اللولبة، التى تتحرك باتجاه المحور .



شكل رقم 194 ، اشكال قلم الخراطة

اقلام الخراطة الداخلية :

(شكل 194 ، i) و تستعمل لخراطة الثقوب النافذة والصماء، وظروف عمل اقلام الخراطة الداخلية اصعب بكثير من ظروف عمل اقلام الخراطة الخارجية .

اقلام خراطة التنعيم الدقيقة :

و تصنع من الماس ا الكاربيدات و تستعمل الاقلام الماسية عند خراطة المعادن غير حديدية و سبائكها . و تستعمل الاقلام المصنوعة من الكاربيدات للخراطة الدقيقة لصلب و الزهر .

و قد حظ اقلام الخراطة بزاوية جرف سالبة بانتشار واسع عند الخراطة السريعة (شكل 194، j) .

و شكل (194 ، k) تصميما لقالب يسمح باستعماله باجراء التشغيل النصف نهائى بعمق صغير للقطع من تغذية كبيرة (تصل الى 3 – 5 مم/ اللفة) مع تحقيق ملامسة عالية للسطح المشغل فى الوقت ذاته . و تمتاز هذه الاقلام بوجود حد قاطع انتقالى بزاوية مقابلة 20 ° و بحد معايرة طوله 1.1 s، و لابد منه للحصول على ملامسة جيدة للسطح المشغل .

و تميل القوة R اللازمة لفصل طبقة المعدن عن المادة المشغلة فى عملية القطع عند الخراطة و تسمى كذلك بالقوة المكافئة للقطع بزاوية ما على الحد القاطع . و تتوقف هذه الزاوية على خواص المادة المشغلة ونظام القطع و الشكل الهندسى للقلم .

و فى حالة العمل بقلم خراطة يميل على المخرطة يمكن تحليل قوة القطع المكافئة R الى ثلاثة مركبات (شكل 195) وهى : قوة

القطع الماسية Pz، و المركبتان الافقيتان قوة التغذية Px و توازى اتجاه التغذية ، وقوة القطع الشعاعية Py العمودية على اتجاه التغذية .

و تحسب عناصر القلم بحيث تتحمل قوة القطع الماسية Pz وكذلك اجزاء الحركة الرئيسية و غيرها من اجزاء الحركة الرئيسية و غيرها من اجزاء المخرطة . كما يحسب على اساسها عزم الادارة والقدرة المطلوبة لتحريك الجزء و محور المخرط .

و يحسب على اساس قوتى القطع الشعاعية Py و الماسية Pz انحناء الجزء المشغل و يحدد دقة تشغيل الجزء، كما تصمم اجزاء المخرطة و القلم بحيث تتحملها .

و تصمم على اساس قوة التغذية Px و قوة الاحتكاك الناشئة عن القوتين Pz و Py . و ثقل حامل الالة اجزاء الية التغذية بالمخرطة وعناصر القلم بحيث تتحمل هذه القوى و منها كذلك تحدد القدرة اللازمة لتغذية القلم .

و تحسب عناصر القلم بحيث تتحمل قوة القطع الماسية Pz وكذلك اجزاء الحركة الرئيسية و غيرها من اجزاء المخرطة . كما يحسب على اساسها عزم الادارة و القدرة المطلوبة لتحريك الجزء و محور المخرطة، و يحسب على اساس قوتى القطع الشعاعية Py و الماسية Pz انحناء الجزء المشغل و يحدد دقة تشغيل الجزء، كما تصمم اجزاء المخرطة و القلم بحيث تتحملها .

و تصمم على اساس قوة التغذية Px و قوة الاحتكاك الناشئة عن القوتين Pz و Py وثقل حامل الالة اجزاء الية التغذية بالمخرطة وعناصر القلم بحيث تتحمل هذه القوى و منها كذلك تحدد القدرة اللازمة لتغذية القلم .

و قد اوجدت بالتجارب العلاقة بين القوة الشعاعية Py و قوة التغذية Px و و القوة المماسية Pz عندما تكون زاوية المقابلة $\varphi = 45°$ و زاوية ميل الحد القاطع $\lambda = O$ و زاوية الجرف الحقيقى $\gamma = 15°$.

$$Pz : Py : Px = 1 : (0.4 / 0.5) : (0.3 / 0.4)$$

و عند تغير زوايا القلم يمكن ان تختلف هذه النسب، كما تزداد القوتان Py و Px عندما يكل حد القلم القاطع .

و تحدد قوةالقطع المماسية Pz من المعادلة :

$$Pz = Cpz \cdot t^{pz} \cdot s^{pz} \cdot HB^{pz} \quad Kg \qquad (6)$$

حيث Cpz – معامل يتوقف على المادة المشغلة و الشكل الهندسى للقلم و العوامل الاخرى .

t – عمق لمقطع بالمم .

s – التغذية بالمم فى اللفة .

HB – رقم الصلادة البرينلى للمادة المشغلة .

pz، px، py – معاملات

و من قوة القطع المماسية Pz عزم الدوران للقطع يساوى :

M مقاومة القطع = Pz . d / 2 كجم (7)

حيث Pz - قوة القطع المماسية بالكجم .

d – قطر الجزء المشغل بالمم .

و تحسب من قوة القطع المماسية Pz كجم و سرعة القطع v متر/ الدقيقة القوة المستهلكة للقطع :

(7)   kellowat = (Pz . v) / (60.75 × 1.36) = Nقطع

و تـؤثر علـى مقـدار قـوة القطـع الماسـية ؛ئ الخـواص الميكانيكية للمادة المستعملة و عمق القطع و التغذية و زاوية القطع وزاوية المقابلة الرئيسية و زاوية المقابلة المساعدة و نصف قطر استدارة قمة القلم و التبريد و سرعة القطع . و تنخفض قوة القطع عند استعمال سوائل التبريد و التزييت بمقدار 10 – 25 ٪ عنها عند التشغيل على الجاف .

و تحدد سرعة ر متر/ الدقيقة القطع من قطر الجزء المشغل dمم و عدد لفات المحور فى الدقيقة حسب المعادلة (4) .

و كثيرا ما نحتاج عمليا الى حل المسألة العكسية و هى تحديد العدد المطلوب للفات المحور فى الدقيقة اذا اعطينا سرعة القطع و كان قطر الجزء المشغل معلوما . و على اساس المعادلة (4) فان عدد لفات الجزء (المحور) يساوى :

(9)   لفة / الدقيقة 1000 v /   πd = n

و تعرض طبقة المعدن المقطوعة فى عملية تكوين الرايش لتشكيلات كبيرة فتضغط اولا ثم تتشقق و نتيجة لذلك تحدث انتقالات لجزئيات المعدن المتشكل و تحتك ببعضها مما ينتج عنه انطلاق كمية كبيرة من الحرارة . و تصنع الحرارة المنتقلة الى القلم على جزئه العامل درجة الحرارة تصل احيانا الى 800 – 1000 °، نتيجة لذلك يتآكل الحد القاطع للقلم و سطحه العامل و يكل القلم، وتسمى مدة قطع المعدن بواسطة القلم ابتداءا من سنه اولا حتى سنه فى المرة التالية باحتمال القلم و يقاس بالدقائق من زمن التشغيل . و يحدث كلل للقلم نتيجة لسببين التآكل الحرارى و التآكل الميكانيكي (او انخفاض

صلادة القلم و خواصه القاطعة نتيجة لتسخينه) . و تتوقف طبيعة تآكل القلم و عمقه و مقدار التغذية و استعمال السوائل المبردة .

و يؤخذ الاحتمال عادة الخراطة ذات الحد القاطع المستقيم، وعد العمل على مخارط تتطلب تركيبا معقدا للقلم و ضبطها مثل مخارط البرج و المخارط الاوتوماتيكية يؤخذ الاحتمال .

القطع السريع :

هو عملية قطع المعادن المنظمة بحيث يضمن رفع انتاجية العمل بالورشة او المكان الجارى به التشغيل . و قد حظى القطع السريع بانتشار واسع عند الخراطة و الكشط و الثقب و التفريز و قطع اللوالب و غيرها و هناك طريقتان للقطع السريع الاولى مبينة على زيادة سرعة القطع، والثانية و هى طريقة القوة مبينة على زيادة التغذية .

و يتلخص الجوهر الطبيعى للقطع على سرعات عالية فى انه تتكون فى منطقة القطع كمية ضخمة من الحرارة تتكون معها على سطوح تلامس السطح الامامى للقلم مع الرايش و السطح الخلفى للقلم مع الجزء المشغل طبقة رقيقة من المادة المشغلة (سمكها 10 – 15 ميكرون) تخفض الشغل المبذول فى الاحتكاك و تآكل القلم .

و تصل سرعة القطع فى الوقت الحاضر عند تشغيل الصلب باقلام مزودة بلقم من الكاربيد 2200 متر/الدقيقة و عند استعمال اقلام مزودة بلقم من السيراميك المعدنى الى 3000 – 4000 متر/ الدقيقة عند التشغيل لمدة قصيرة و يشغل الخراط السريع الاجزاء بسرعة 380 – 700 متر/ الدقيقة مع عمل القلم عملا معتادا لمدد طويلة و يعمل الخراط بيكوف بسرعة 500 – 900 متر/ الدقيقة .

المخارط:

و تستعمل على نطاق واسع فى المصانع الميكانيكية و قد كان تصميم المخارط اساسا لانشاء غيرها من ماكينات القطع من مجموعة المخارط كالمخارط الجبهية و المخارط ذات العربة الدوارة و مخارط البرج و المخارط الكثيرة الالات و المخارط الاوتوماتية و النصف الاوتوماتية و غيرها . و مما وضحناه مسبقا من الاشكال الاساسية لتشغيل الاجزاء نرى ان اى ماكينة من ماكينات القطع تحتوى على حركتين اساسيتين هما حركة القطع (الحركة الاساسية) I وحركة التغذية II (انظر شكل 187)، و تجرى الحركتان I و II بواسطة تركيبات للتحريك و قد تكون هذه الحركات دورانية او ترددية مستقيمة .

تركيبة التحريك:

هى مجموعة الاليات التى تنقل الحركة من مصدر الحركة الى العنصر الذى يقوم بالحركات الاساسية او الخاصة او المساعدة بماكينات القطع (المحور، المنزلق، آلة قطع التروس، حامل الالة (العربة)، المائدة) . و الحركة الاولية لجميع تركيبة التحريك دورانية دائما . و مصدر الحركة بماكينات القطع الحديثة محرك كهربائى منفصل (شكل 196) .

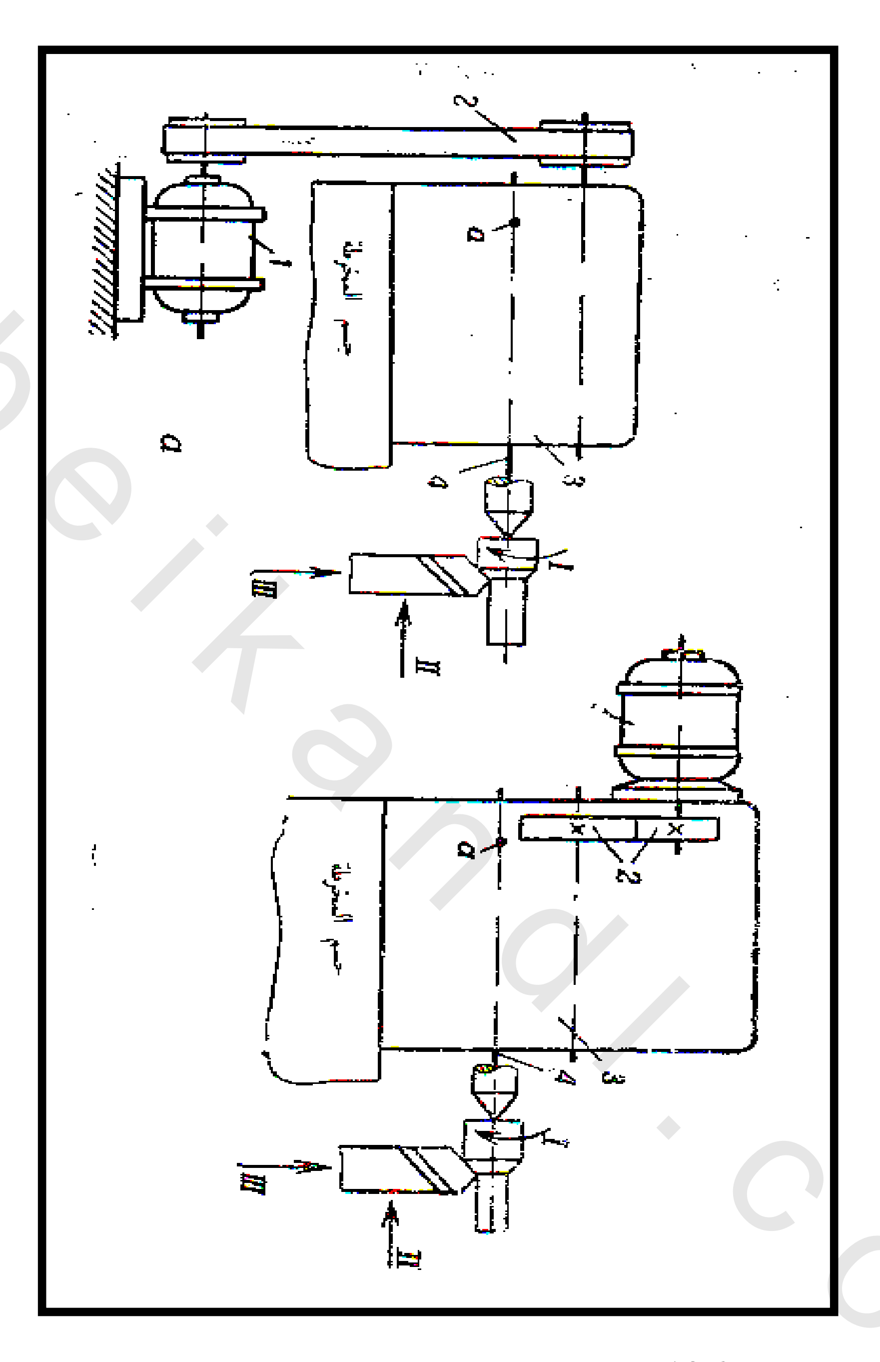
تركيبة التحريك الرئيسى :

(شكل 196) و تتكون بالماكينات ذات الحركة الدورانية من المحرك الكهربائى 1 ، ونقل الحركة 2 يسير (شكل 196، a)، (شكل 196، b) آالية تغيير سرعة الدوران 3 و المحور 4 .و بتركيبة

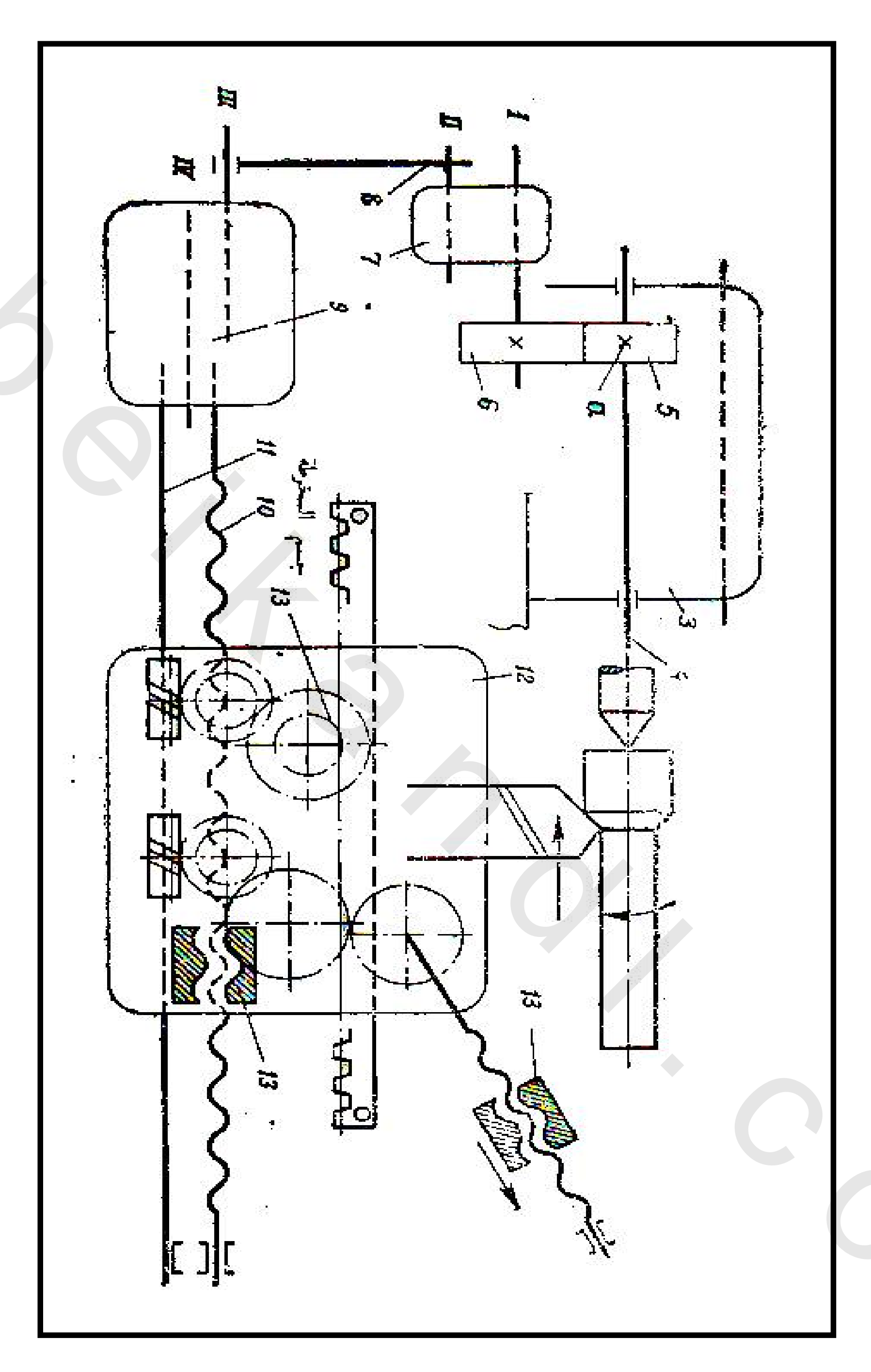
التحريك الرئيسى بآلات الورش ذات الحركة الترددية المستقيمة بالاضافة الى المحرك الكهربائى و نقل الحركة 2 وآلية 3تغيير سرعة الدوران او عدد المشاوير المزدوجة ، وتوجد بين العمود المقود للآلية والعضو العامل بالماكينة (المنزلق و المائدة) آلية تحول الحركة الدورانية الى حركة ترددية مستقيمة ، وقد تكون هذه الالية مرفقية او حدبية او غير ذلك .

المخطط الرئيسى لتركيبة تحريك التغذية :

(شكل 197) و يتكون من المحور 4و التروس 5 و آلية العكس 7 و تقوم بعكس اتجاه الدوران او الحركة و الحامل 8 ذى التروس المتغيرة و آلية 9 تغيير سرعة التغذية ، وعمود القلاووظ 10 وعمود الجر 11 و آلية العربة 12 و الاليات 13 التى تحول الحركة الدورانية الى حركة ترددية مستقيمة ، وكثيرا ما يكون مصدر الحركة لتركيبة تحريك التغذية هو الحلقة النهائية (و هى النقطة a على المحور) بتركيبة التحريك الاساسى (بالمخارط و مخارط البرج والمثاقب)



شكل رقم 196 ، المخطط الاساسى لتركيبة التحريك الرئيسى



شكل رقم 197 ، المخطط الاساسى لتركيبة تحريك التغذية

و يجب ان تحقق تركيبات التحريك الرئيسى او تحريك القطع للحصول على افضل سرعة للقطع، ويتطلب هذا الشرط انشاء تركيبة تسمح بتغيير سرعة دوران المحور (عند الحركة الدورانية) او عدد المشاوير المزدوجة للمنزلق و العربة و الالة قطع التروس (عند الحرك الترددية المستقيمة)، ويمكن تغيير سرعة الدوران او عدد المشاوير المزدوجة بطريقتين بالتغيير التدريجى او التغيير الدرجى .

و يسمحالتغيير التدريجى بالحصول على اى عدد من اللفات او المشاوير المزدوجة فى الدقيقة بيم حدين ادنى و اقصى لهذا العدد و بذلك يضمن الحصول على افضل سرعة للقطع على الاقطار و الاطوال المختلفة للجزء المشغل .

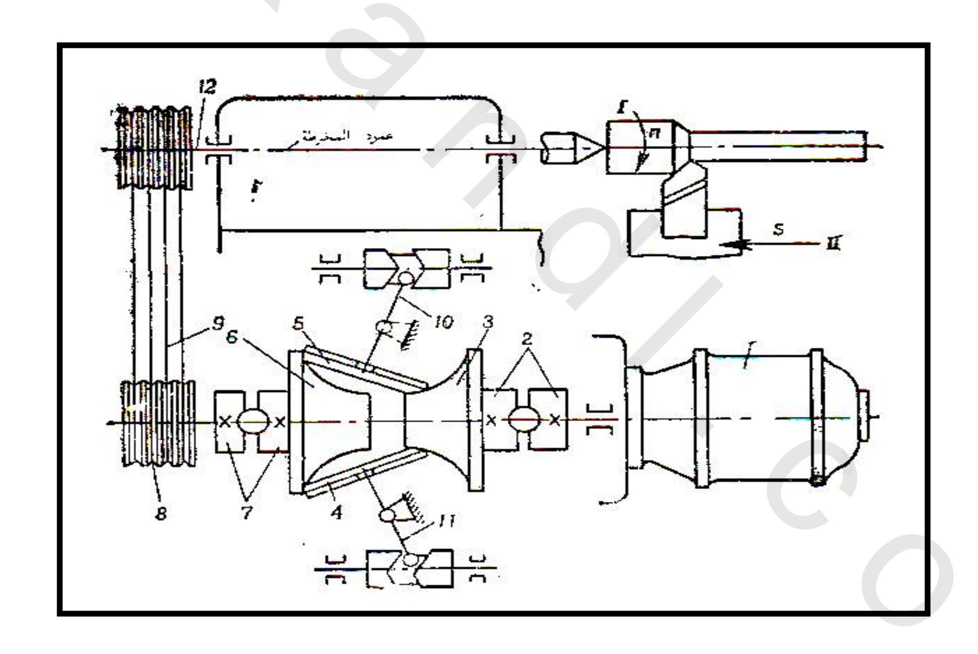
و تعطى الطريقة الدرجية لتغيير السرعة عددا من اللفات فى الدقيقة او عددا من المشاوير المزدوجة فى الدقيثقة فى عدد معين من الدرجات المتوسطة بين السرعتين الدنيا و القصوى، ولهذا فان سرعة القطع على المخرطة عند استعمال التغير الدرجى للسرعة يمكن ان تكون اقل او اكثر من السرعة الفضلى للقطع المناسبة للألة القاطعة .

تركيبات التحريك ذات التغيير التدريجى :

و يمكن ان تكون مختلفة التصميم او النوع، وابسط تركيبات التحريك ذات التغيير التدريجى للسرعة هى نقل الحركة بواسطة طارتين مخروطتين و سير، وقد تكون تركيبة نقل الحركة التدريجية التغيير عبارة عن تركيبة احتكاكية لنقل الحركة (وجهية او مخروطية)، او تركيب ذات حلقة من الصلب و مخروطات قابلة للتوسيع او تركيبة باقراص مائلة .

و بشكل (198) بينا تركيبة نقل الحركة من طراز سفيتازاروف، و تتم الحركة بالطريقة التالية من المحرك الكهربائى 1

خلال الوصلة الكروية 2 الى الطارة الكروية المحركة 3 ومنها عن طريق القرصين المنحنين المخروطين 4 و 5 الى الطارة الكروية المقودة 6، ومنها خلال الوصلة الكروية 7 الى الطارة 8 و تنقل الحركة منها الى محور (عمود) الماكينة 12 بواسطة السيور المخروطية 9، و يتم سرعة دوران المحور بادارة المحورين 10 و 11 مع القرصين المخروطين 5 الحرين الحركة عليهما، ويميل هذان القرصان بزاوية على محور الطارتين الكرويتين القائدة و المقودة 3 و 6 . و يساوى مدى التحكم فى سرعة الدوران 8 اضعاف، وتستعمل كذلك للتغيير التدريجى لسرعة الدوران و التغذية تركيبات نقل الحركة الهيدرولية . و يمكن اجراء التغيير التدريجى فى سرعة الدوران و التغذية شدة التيار بملفات اقطاب المحركات الكهربائية على التيار .



شكل رقم 198 ، رسم تخطيطى لتركيبة تدريجية لتحريك ذات اقراص مائلة

تركيبات التحريك الدرجية :

و هى ايضا مختلفة التصميم و مبدأ العمل، وابسط التركيبات ذات التعبير الدرجى لسرعة الدوران هى التركيبات ذات الطرارت المدرجة و يمكن ان تكوت هذه التركيبات بطارات ذات 3 او 4 او 5 درجات و يمكن بواسطتها الحصول على 3 او 4 او 5 سرعات مختلفة تدوران على الترتيب و ذلك بنقل السير من على احدى هذه الدرجات الى الاخرى .

و قد حظيت تركيبات التحريك بواسطة صندوق سرعات الترسى او بواسطة التروس المتغيرة باوسع انتشار بماكينات القطع الحديثة، وبالاولى يجرى تغيير سرعة دوران المحور بتعشيق الازواج المنفصلة من التروس، وفى الثانية يجرى بواسطة تغيير زوج التروس المتحركة و القوابض (الاحتكاكية و الحدبية) .

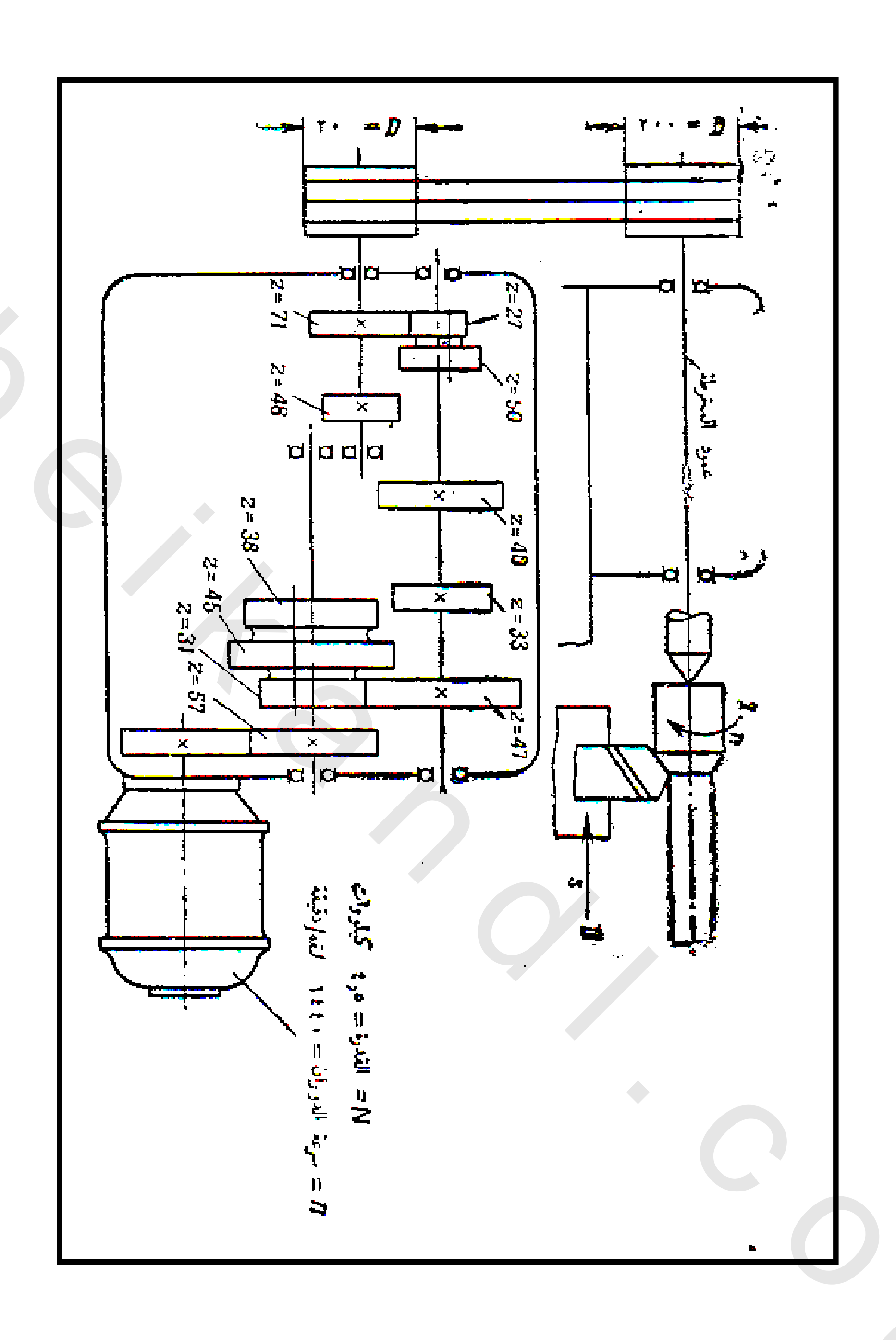
و بشكل (199) اوردنا رسما تخطيطيا لتركيبة التحريك ذات صندوق تروس بمجموعات متحركة من التروس و تتم ادارة المحور بواسطة محرك كهربائى منفصل قدرته 4.5 كيلوات و سرعة دورانه 1440 لفة/ الدقيقة خلال ترسين عدد اسنانهما 57 – 57، و صندوق للسرعات يعطى 6 درجات للسرعة و سيور مخروطية ذات طارات قطرها 200 و 200 مم .

و يتم تغيير عدد لفات المحور فى الدقيقة بتحريك مجموعتين للتروس عدد الاسنان بهما 31 – 45 – 38 و 50 – 27 و تعشق المجموعتان مع التروس 47 – 33 – 40 و 48 – 71 على الترتيب، و هذه التروس مثبتة على عمودين بصندوق السرعات، ويمكن باستعمال المجموعات المتحركة للتروس دارة المحور بست سرعات مختلفة .

و بشــكل (197) اوردنــا رسمــا تخطيطــا لتركيبــة التغذيــة ويمكــن ان تسـتعمل بالمخـارط التى يمكـن عليها قطـع القوالـب و بهـا الاليـات و العناصـر الاساسـية النموذجيـة التـى يمكـن ان توجـد بـاى ماكينة من ماكينات القطع، و سنوضح فيما يلى باختصار الغرضمن الاليات و العناصر الاساسية بها و خواصها بالترتيب الموجود به على الرسم بشكل (197) .

نقل الحركة :

و يكون بواسطة الترسين 5 و 6 بين المحور 4 و الية العكس 7 هو حلقة الاتصال بين تركيبة تحريك القطع و تركيبة تحريك التغذية، والصلة بين المحور 4 و العمود المحرك 1 للعاكس 7 يمكن ان تتم بواسطة تروس كما هو مبين (بشكل197) . او باستعمال كاتينة او سيور .



شكل رقم 199 ، مخطط تركيبة التحريك و صندوق التروس

بالمخرطة طراز 1616

آالية العكس :

تستعمل لعكس اتجاه دوران عمود اللولب 10 او عمود الجر 11 (شكل 197)، ونتيجة لعكس اتجاه اتجاه دوران عمود اللولب او عمود الجر تتحرك العربة 12 من اليمين الى اليسار او من اليسار الى اليمين . و آليات عكس الحركة يمكن ان تكون مختلفة التصميم و يكون وضعها بين العمود I و العمود المقود II . و يمكن ان تتركب هذه الاليات من تروس مخروطية او تروس اسطوانية تعشق على التوالى او تروس اسطوانية تعشق على التوازى (شكل 200، a) .

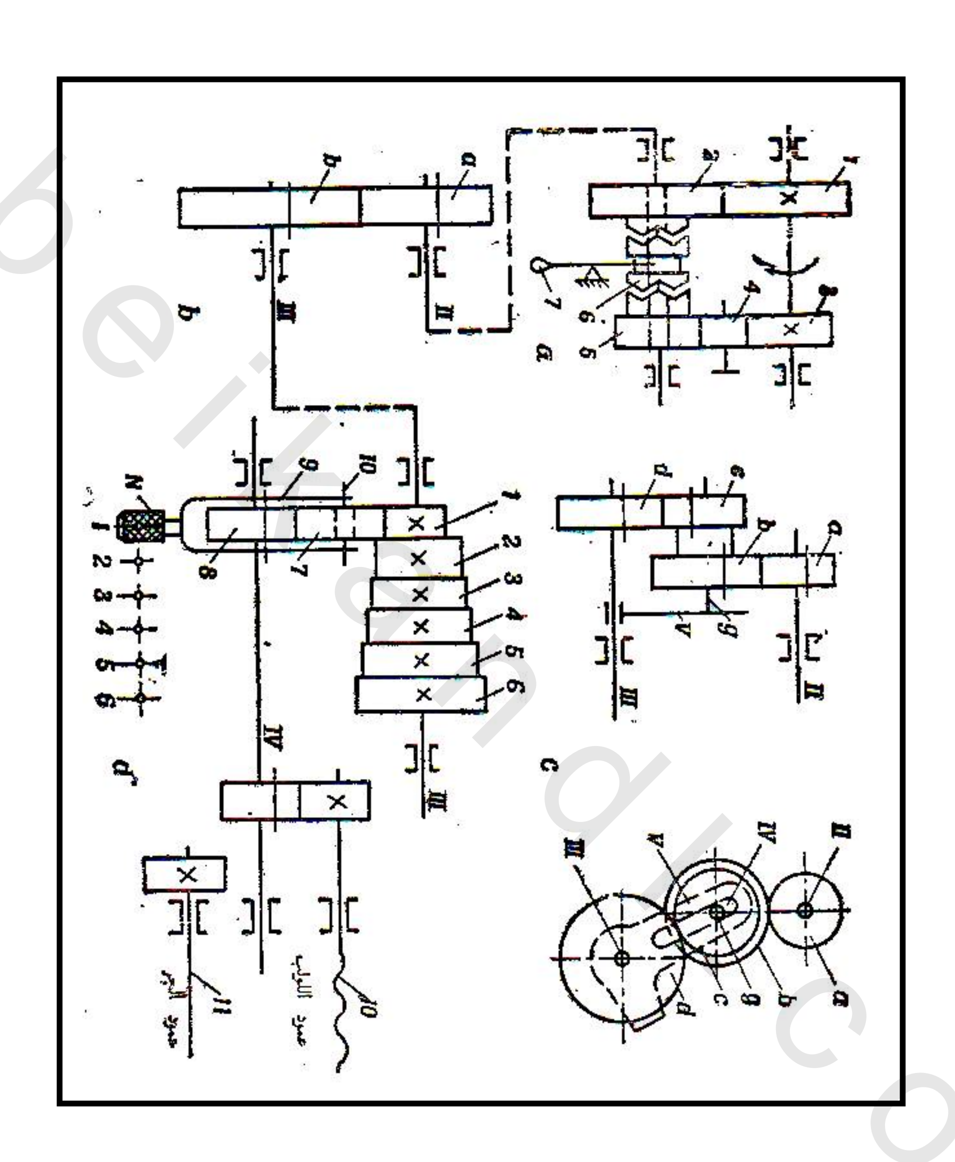
الاليات ذات التروس المتغيرة :

(شكل 196) و تستعمل لضبط التغذيات المختلفة عند الخراطة او خطوة اللولب عند قطع اللوالب و بتغيير نسبة نقل الحركة للتروس المتغيرة الموجودة بالدائرة الحخركية لحركة التغذية بين العمودين II و III يمكن الحصول على سرعات دوران مختلفة لعمود اللولب 10 و عمود الجر 11 و بالتالى على خطوات مختلفة للوالب المقطوعة و تغذيات مختلفة للعربة 12 و عليها حامل القلم . و تركب التروس المتغيرة على حامل خاص .

وهناك ثلاث طرق تستعمل عمليا لتركيب التروس المتغيرة، فيمكن ان تركب هذه التروس بين العمودين II و III (شكل 197) على شكل زوج واحد او زوجين او ثلاثة ازواج من التروس، ويستعمل فى اغلب الاحوال زوج واحد او زوجان من التروس (شكل 200، c، b) .

و تزود المخارط عادة بمجموعة من التروس المتغيرة و اكثر هذه المجموعات انتشارا هى المجموعات الخماسية و تحتوى على التروس ذات

اعــداد الاســنان التاليــة: 20، 25، 30، 35، 40، 45، 50، 55، 60، 65، 710، 75، 80، 85، 90، 95، 100 ،105، 110، 115، 120 .



شكل رقم 200 ، رسم تخطيطى لعكس الحركة ، و تركيب التروس المتغيرة و صندوق سرعات التغذية

صندوق سرعات التغذية 9:

(شكل 197) و يوجد بين العمود III و عمودى اللولب 10 و الجر 11 و الغرض منه كما هو من التروس المتغيرة هو تغيير التغذية و خطوة اللولب المقطوعة . و عند وجود صندوق لسرعات التغذية بالمخرطة يقل دور التروس النتغيرة و يقل عددها بالمجموعة التى تزود بها المخرطة، و يتكون صندوق سرعات التغذية من مجموعة من التروس، مثبتة على مجموعات متحركة .

و تنقسم صناديق سرعات التغذية حسب تصميمها الى صناديق تغذية بتروس بندولية او بخابور منزلق او بمجموعات متحركة من التروس و غير ذلك . وبشكل (200، d) اوردنا رسما تخطيطيا لصندوق سرعات التغذية بترس بندولى .

و تنقل الحركة بعد صندوق سرعات التغذية 9 من العمود IV (شكل 197) خلال زوج من التروس الى عمود اللولب 10 و الجر 11 (شكل 200، d) .

عمود اللولب 10 (شكل 197 و 200، d) و الغرض منه نقل الحركو من القلم عند قطع اللولب . و عند دوران عمود اللولب 10 تتم حركة العربة و عليه القلم بواسطة صامولة مشقوقة تتكون من نصفين .

و عمود الجر 11 (شكل 197) يستعمل لنقل الحركة خلال تروس و آلية تحريك العربة 12 الى العنصر 13 الذى تتحول بواسطته الحركة الدورانية الى حركة ترددية مستقيمة للعربة 12، و يجرى تحريك العربة طوليا بواسطة ترس و جريدة و عرضيا بواسطة لولب

الحركة العرضية و صامولة تثبت الى العربة العرضية (للحصول على تفاصيل اكثر انظر الرسم التخطيطى لقطع اللوالب 1K62 بشكل202) .

المخرطة العامة 1K62 :

و يمكن بواسطتها قطع اللوالب (شكل 201)، وتستعمل هذه المخرطة لاعمال الخراطة المختلفة المجرة بين ذنبتين او فى ظرف . ولقطع اللالب المترية و البوصية و الموديولية و الخطوة ذات الخطوات المعتادة او الكبيرة و اللالب بباب واحد او بعدة ابواب و الحلزون الارشميدى و لاعمال النسخ باستعمال تركيبة نسخ هيدروليكية .

و يوضع الجزء المشغل على المخرطة بالظرف 1 (او بين ذنبتين) بين المحور 2 للغراب الثابت 3 و الذنبة 4 بالغراب المتحرك 5 . و يمكن على المخرطة تشغيل اجزاء يصل قطرها فوق الفرش الى 400 مم و فوق العربة الى 220 مم و من قضبان يصل قطرها الى 42 مم .

و تثبت الالة القاطعة بحامل الالة 6 الموجود على العربة 7 التى تتحرك على الموجهات 8 لبدن 9 موازية لمحور الجزء عند الخراطة الطولية .

و ينتقل الدوران الى المحور 2 (شكل 201) من المحرك الكهربائى بساق الماكينة اليسرى 10 بواسطة سيور مخروطية وصندوق سرعات ترسى بغراب الرأس (غراب ثابت) 3 . و لنقل الحركة الى العربة 7 و عليها الالة القاطعة تستعمل تركيبة حركة التغذية و تتكون من العاكس و التروس المتغيرة و صندوق سرعات التغذية 11 و عمود اللولب 12 و عمود الجر 13 و تركيبة التحريك بالعربة 14 (الوقاية) و الترس و الجريدة 15 .

و بشـكل (201) بينـا اجـزاء الـتحكم الرئيسـية بالمخرطـة 1K62 ، ويجـرى تشغيل المخرطةو ايقافها و عكس حركتها بواسطة قـابض احتكـاكـى (انظـر شـكل 205)، ولقطـع اللوالـب الدقيقـة يمكن تعشيق عمود اللولب مباشـرة خلال التروس المتغيرة دون استعمال صندوق سـرعات التغذية ، ويمكـن زيادة سـرعة حركـة العربة طوليا و عرضيا باستعمال محرك كهربائى منفصل (شكل 202)، وعند ثقب الثقـوب يمكـن تغذيـة غـراب الـذيل (الغـراب المتحـرك) و بـه البنطـة ميكانيكيا مع العربة الصغيرة .

و بشـكل (202) اوردنـا رسمـا تخطيطيـا حركيـا المخرطـة العامة 1K62 ، ومن الرسم التخطيطى نـرى ان الـدوران ينتقل مـن عمـود 1 المحرك الكهربائى، وقدرته 10 كيلوات و سرعة دورانه 1450 لفة/ الدقيقـة، الى العمـود (محـور) VII بواسـطة السيور المخروطيـة و قطـر طارتيهـا 142 و 454 مـم و القـابض الاحتكـاكى M و صـندوق السرعات الترسى .

و بـه 30 طريقـة لتعشـيق الـتروس عنـد دوران المحـور {هـه الى الامام و 15 طريقة عند دورانه الى الخلف .

و يتم تغيير عدد لفات المحور VII فـى الدقيقـة بتحريك القـابض M الى اليسـار (للـدوران للامـام) و بتحريـك مجموعـات الـتروس ذات الاسـنان 34 و 29، 47 و 55 و 38، 88 و 45، 22 و 45، 43 و 54 بصندوق السرعات . و لدوران المحور للخلف ينقل القـابض M الى اليمين و يجرى نقل الحركة بواسطة تروس العكس و عدد اسنانها 50 و 24 و 36 و 38، ومجموعـات الـتروس ذات الاسـنان 47و 55 و 38 ، 88 و 45، 22 و 45 ، 43 و 54 .

و هكذا فان المحور VII يمكن ان يدار بـ30 طريقة مختلفة لتعشيق التروس عند الدوران الى الامام و 15 طريقة مختلفة عند الدوران الى الخلف .

و الواقع ان المحور VII له 23 سرعة مختلفة للدوران الى الامام و 12 سرعة الى الخلف و ذلك لانطباق بعض سبب نقل الحركة لتروس صندوق السرعات .

و بالمثل يمكن تحديد باقى سرعة الدوران و هى :

12.5، 16، 20، 25، 31.5، 40، 50، 63، 80، 100، 125، 160، 200، 250، 315، 400، 500، 630، 800، 1000، 1250، 1600، 2000 (و ذلك عند دوران المحور للامام) و 19، 30، 48، 75، 121، 190، 302، 475، 765، 950، 1510، 2450 (وذلك عند دوران المحور الى الخلف) .

و بتركيبة حركة التغذية (شكل 202) ثلاث دوائر عاملة حركية : دائرة التغذية الطولية و دائة التغذية العرضية و دائرة قطع اللوالب، و تستعمل لتقريب العربة اوتوماتيكيا بسرعة الى الجزء المشغل و ابعادها عنه دائرة الحركة السريعة .

و تتلقى دائرتا التغذية الطولية و العرضية الحركة من الترس المركب على المحور VII و عدد اسنانه Z = 60 (شكل 202) و تنتقل الحركة من الترس ذى 60 سنا الى ترس الدودة الموجود بتركيبة التحريك بالعربة و عدد اسنانه Z = 28 بواسطة الطريق الحركى المشترك للدائرتين المذكورتين خلال التروس ذات الاسنان Z = 60، 42 و 42 او 60، 28، 56 (او تروس العكس 60,35,28,35) و التروس

المتغيرة Z = 43 ، 95,50 و تروس صندوق سرعات التغذية و لها طريقتان رئيسـيتان للتعشـيق : (الـتروس Z = 35، 37، 35، 28، 25، 36 تعشـق مـع اى مـن الـتروس Z = 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48 و الـتروس Z = 35 ، 28 ، 28 ، 35 ، 28 ، 35 ، 15 ، 48 او 28 ، 35 ، 35 ، 28، او 18 ، 45 ، 15، 48 او 18، 45، 35، 28)

و الطريقة الثانية (بواسطة التعشيق الداخلى للتروس Z = 35، 35ثم اى من التروس Z = 26، 28، 32، 36 40، 44، 48 و التروس 36، 25، 28، و التعشيق الداخلى للترسين Z = 28، 35، 15، 45 او 28، 35، 35، 28 او 18، 45، 15، 48 او 18، 45، 35، 28) و التروس Z = 28، 56، 27، 20، 28 . و الدودة ذات الستة ابواب .

التغذية الطولية :

من عمود ترس الدودة Z = 28 بواسطة التروس ذات الاسنان Z = 40، 37 او 40، 61 ، 37 و القابضين الحدبين M1 و M2 و التروس Z = 14 ، 66 ومنها تنتقل الحركة الى ترس الجريدة و عدد اسنانه 19 و يعشق مع الجريدة M2 فيحرك العربة و عليها القلم حركة طولية .

التغذية العرضية :

من عمود ترس الدودة Z = 28 بواسطة التروس ذات الاسنان Z = 40 ، 37 و 40، 60 ، 37 و القابضين الحدبين M4 و M3 و التروس Z = 40، 45 و 20 ومنها تنتقل الحركة بواسطة اللولب و الخطوة 5مم و يقوم بدورانه فى الصامولة M6 بتحريك العربة العرضية . و التغذيتان الطولية و العرضية متساويتان و هم بالقيم التالية :

0.07، 0.08، 0.09، 0.1، 0.11، 0.12، 0.13، 0.14،
0.15، 0.16، 0.18، 0.21، 0.22، 0.23، 0.25، 0.28، 0.30،
0.32، 0.37، 0.40، 0.46، 0.51، 0.56، 0.61، 0.65، 0.75،
0.84، 0.88، 0.93، 1.02، 1.11، 1.22، 1.30، 1.50، 1.68،
1.76، 1.86، 2.04، 2.23، 2.44، 2.60، 3.36، 3.52، 3.72،
4.08، 4.46، مم/ لفة .

** و يتلقى عمود اللولب بدائرة قطع اللولب و خطوته 12 مم الحركة من المحور VII بواسطة التروس ذات الاسنان Z = 60 و 60 (للخطوة المعتادة للوالب) ومن العمود البسيط IV بصندوق السرعات بواسطة التروس ذات الاسنان Z = 45 و 45 (و باستعمال حلقة زيادة الخطوم 8 و 32مرة بصندوق السرعات للخطوات الكبيرة) . و عند قطع اللوالب البوصية تستعمل الطرق الاتية لتعشيق التروس بصندوق سرعات التغذية : التروس Z = 35، 37، 35، 28، 25، 36 و تعشق مع اى من التروس Z = 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48 و التروس Z = 35، 28، 28، 35، 18، 45، 15، 48 او 18، 45، 35، 28، 28، 35، 15، 48 او 28، 35، 35، 28 و التعشيق الداخلى للتروس Z = 28، 28 .

و تعشق تروس صندوق سرعات التغذية عند قطع اللوالب المترية بالصورة التالية : التعشيق الداخلى للتروس Z = 35، 35 مع اى من التروس التالية Z = 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48 و الترس Z = 36 و الترسين Z = 25، 28 و التعشيق الداخلى للترسين Z = 25، 25 و التروس Z = 18، 45، 15، 48 او 18، 45، 35، 28 او 28، 35

، 15، 48 او 28، 35، 35، 28 و التعشـــيق الـــداخلى للترســـين
Z = 28، 28 .

و عند قطع اللوالب الموديولية تستعمل تعشيقة صندوق سرعات التغذية للوالب المترية مع وضع التروس المتغيرة Z = 64، 95، 97 محل التروس Z = 42، 95، 50 .

و تقطع الخطوية باستعمال تعشيقة تروس صندوق سرعات التغذية للوالب البوصية مع وضع التروس المتغيرة 64، 95، 97 97 محل التروس Z = 42، 95، 50 .

و تقطع اللوالب البالغة الدقة باستعمال مجموعة خاصة من التروس المتغيرة بتركيبها محل التروس Z = 42، 95، 50 و بنقل الحركة من العمود المقود الى حامل التروس المتغيرة مباشرة الى عمود اللولب بواسطة التعشيق الداخلى للتروس Z = 35، 35، 25، 25 ، 28، 28 دون المرور بصندوق سرعات التغذية .

و تقطع اللوالب الارشميدية (الوجهية) بواسطة الولب ذى البابين و الخطوة 5 مم بدائرة التغذية العرضية مع الطرق المذكورة لتعشيق تروس صندوق سرعات التغذية لقطع اللوالب .

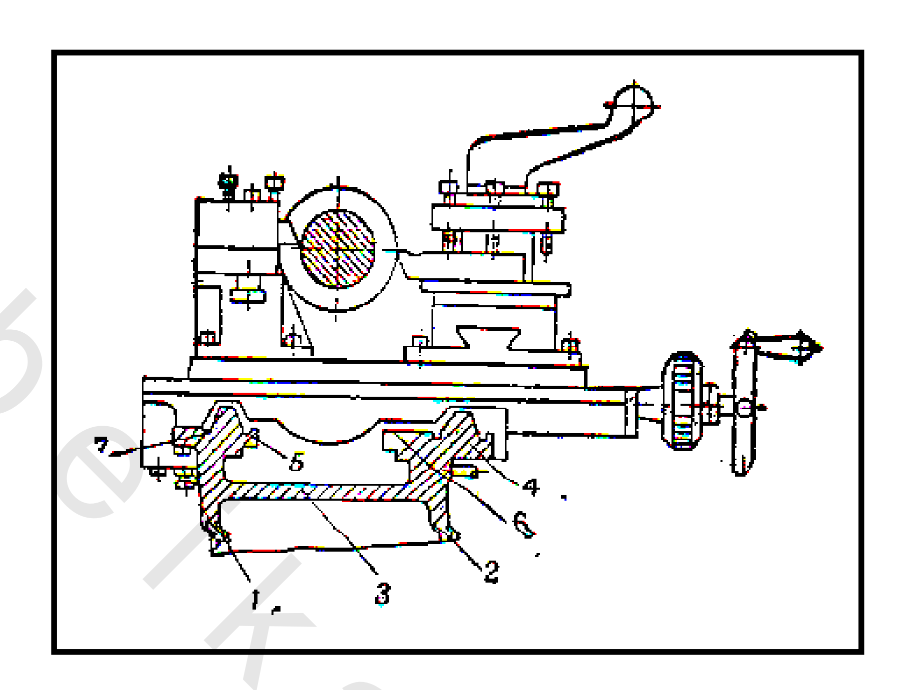
و يمكن قطع لوالب تترواح خطواتها فى الحدود من 1 – 192 مم للوالب المترية و يتراوح عدد الاسنان بالبوصة من 24 - للوالب البوصية ، يتراوح موديول اللوالب الموديولية من 0.5 – 48 مم، خطوة اللوالب الخطوية من 1 – 96 .

و يمكن لتجنب الانزلاق بالقابض M2 و التروس z = 28، 56، 28 ، 56 توصيل العمود المقود لصندوق سرعات التغذية بعمود

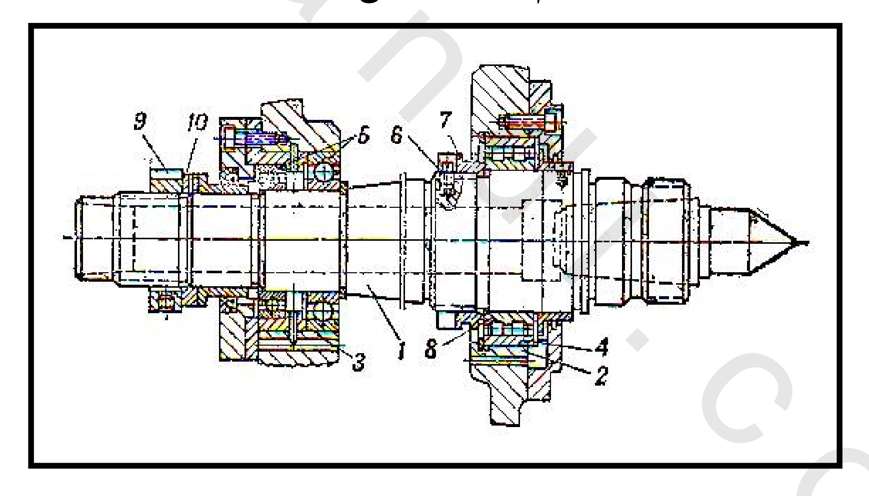
اللولب بواسطة الترسين z = 28، 56 المثبتين على يسار بطرف عمود اللولب .

و تحرك العربة الطولية طوليا و العربة العرضية عرضيا حركة سريعة بواسطة محرك كهربائى خاص، قدرته و 1 كيلوات و سرعته 1410 لفة الدقيقة بواسطة سيور مخروطية بكارتين قطرهم 85 و 147 مم، ثم عمود اللولب و بعد ذلك بواسطة تركيبة التحريك بالعربة للتغذية الطولية و التغذية العرضية و سرعة حركة العربة فى الاتجاه الطولى و العرضى 306 متر/ الدقيقة .

و يستعمل البدن 9 (شكل 201) لتركيب جميع اجزاء المخرطة و لتحريك العربة و غراب الذيل (الغراب المتحرك) على موجهاته، و يتركب بدن المخرطة المصنوع من الزهر من الجدارين الرأسين 1 و 2 (شكل203) المرتبطين بالضلوع العرضية للجساءة 3 و من زوج من الموجهات الشبه منحرفة 4 و 5 و زوج من الموجهات المستوية 6 و 7 . و يستعمل الاخران 5 و 6 لانتقال الغراب المتحرك . و تشغل موجهات بدن المخرطة بعناية بالغة بالتجليخ او بالتلقيط .



شكل رقم 203 ، مقطع البدن و العربة



شكل رقم 204 ، المحور ،المسندان الامامى و الخلفى

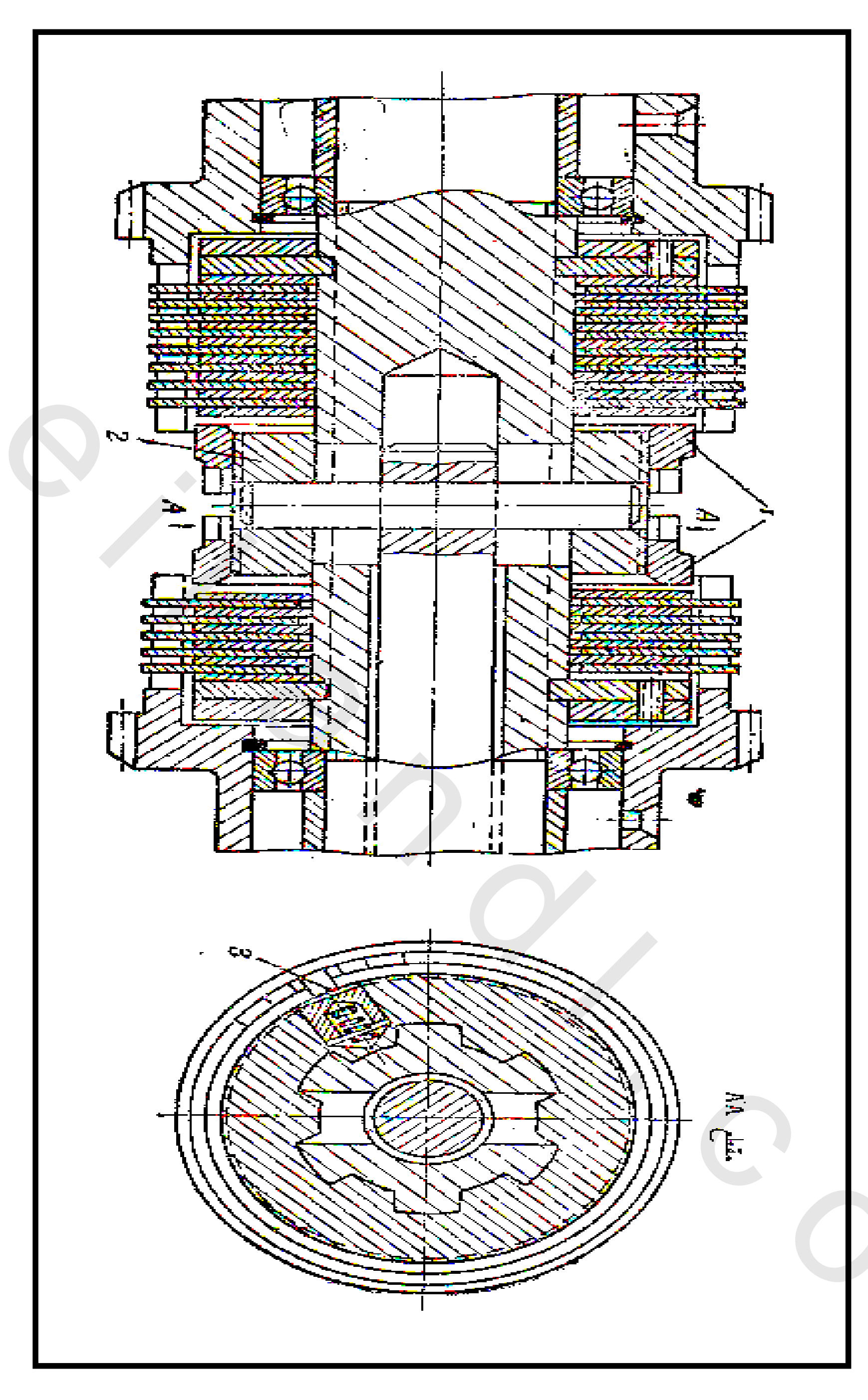
و بشكل (204) محور المخرطة 1 و المسندان الامامى 2 والخلفى 3، ويدور العنق الامامى المخروط للمحور 1 فى محمل (كرسى) 4 اسطوانى بصفين قابل للضغط، ويدور العنق الخلفى له فى زوج من المحامل (الكراسى) 5 الكرية الشعاعية . و يتحمل كرسيا المحور الكريان الشعاعيان 5 بالمسند الخلفى 3 الحمل المحورى على المحور .

و لازالة الخلوص الزائد يضبط الكرسى الامامى 4 للمحور 1 بواسطة مسمار التثبيت 6 و الصامولة 7 و الجلبة الداخلية 8 للكرسى 4 . و يضبط الخلوص المحور بكرسيى المحور الشعاعيين 5 بواسطة الصامولة 9 عن طريق المعوض الحرارى 10 . و يجرى الشد بادارة الصامولة 9 بزاوية 18 – 20 ° بعد ازالة الخلوص باطراف الكراسى .

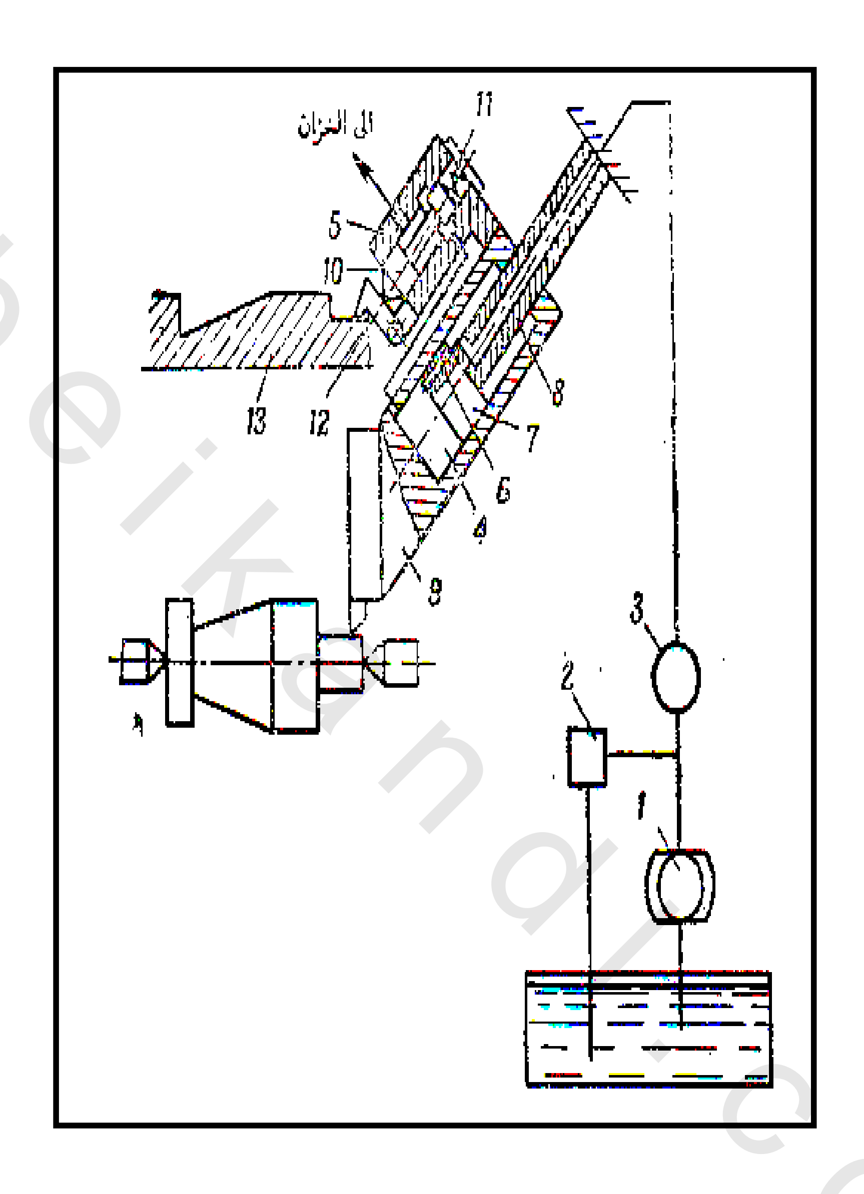
و يضبط القابض الاحتكاكى (شكل 205) عند تزحلقه بواسطة الصامولتين الضاغطتين 1 ، المركبتين على الحلقة 2، و يمكن ادارة الصامولة الضاغطة بعد دخول الساقطة 3 بالحلقة 2 .

و تركيبة النسخ الهيدروليكية (شكل 206) عبارة عن تركيبة تثبت على المخرطة، وتشغل بواسطتها الاعمدة المدرجة ذات الاعناق الاسطوانية و المخروطية و الاجزاء ذات الاسطح الواجهية و ما أشبه .

و هنا اوردنا رسما تخطيطيا لمبدأ عمل التركيبة الهيدروليكية التابعة من الطراز KCT-1 لمصنع كراسنى بروليتارى و تتركب تركيبة النسخ الهيدروليكية من الاجزاء الاساسية الاتية : الطلمبة الهيدروليكية 1، سعتها 5 لتر/ الدقيقة، و من صمام الامن 2 و المرشح 3 و الاسطوانة الهيدروليكية 4 و المحبس (اللامس) الهيدروليكى 5 .



شكل رقم 205، قابض احتكاكى (كلبش)



شكل 206 ، مخطط النظام الهيدروليكى التابع (Copying)

و يسير الزيت من الطلمبة 1 (شكل 206) الى المرشح 3 فيمر خلالـه و يـذهب الى التجويـف الاصـغر (وبـه السـاق) للاسـطوانة الهيدروليكيـة 4 . و يتصل التجويف الاكبر (ولا ساق به) للاسطوانة الهيدروليكيـة 4 و مسـاحته ضـعف مسـاحة التجويـف الاصـغر بـالمجس الهيدروليكى 5 . و يتصل تجويفا الاسطوانة 4 ببعضهما خلال الفتحة 6 بالمكبس 7 . و ساق 8 الاسطوانة الهيدروليكية 4 مثبت تثبيتا جسيئا ، فى حين يمكن ان تتحرك الاسطوانة 4 . و الاسطوانة 4 تقع داخل حامل النسخ 9 .

و يتركـب المجـس الهيـدروليكى 5 مـن الجسـم و الصـمام المكبسـى 10 و النـابض (السوسـتة) 11 و الطـرف الرافعـى 12 . و يضغط الصمام المكبسى بواسطة النابض على الطرف الرافعى حتى يظل ملتصقا بالفورمة المنسوخة 13 .

و تتكـون بـين الصـمام المكبسـى و المشـقبية الحلقيـة بجسـم المجس قناة حلقية . و عندما يكون الصمام المكبسى مدفوعا الى الامام فى اتجاه الجزء المشغل تسد الفتحة التى يخرج منها الزيت من التجويف الاكبر للاسطوانة 4 فيصبح الضغط بتجويفى الاسطوانة 4 متساويا و يمكن ضبط هذا الضغط بضبط صمام الامان .

و يتحرك القلم و الحامل نحو الجزء المشغل نتيجة لزيادة القوة الناتجة عن ضغط الزيت على الاسطوانة 4 فى اتجاه الجزء . و السبب فى هذه الزيادة هو ان مساحة المكبس بالتجويف الذى لا ساق به (الاكبر) للاسـطوانة 4 (شـكل 206) ضـعف مسـاحته بـالتجويف الاصـغر و بـه الساق .

و عند الضغط على الصمام المكبسى من اسفل تتكون بينه و بين جسم المجس قناة حلقية تسمح بمرور الزيت من التجويف الاكبر للاسطوانة الى خزان الزيت و عندئذ يزيد ضغط الزيت بتجويف الاسطوانة الخلفى (و به الساق) عن الضغط بالتجويف الامامى (و لا ساق به) زيادة كبيرة نظرا لمقاومة فتحة المكبس لمرور الزيت و تعادل الضغطين و نتيجة لذلك تفتح تصبح القوة المكافئة لضغط الزيت (الفرق بين قوتى ضغطه الى الامام و الى الخلف) على الاسطوانة 4 موجهة بعكس اتجاه الجزء المشغل فيبتعد الحامل و القلم عن الجزء .

فاذا كان وضع الصمام المكبسى بجسم المجس يجعل القناة الحلقية المتكونة بينه و بين الجسم تقاوم مرور الزيت الخارج من التجويف الاكبر للاسطوانة بدرجة يصبح معها ضغط الزيت بالتجويف الاكبر للاسطوانة 4 نصف ضغطه بالتجويف الاصغر فان القوتين المؤثرتين على الاسطوانة 4 تتزنان و يتوقف الحامل و القلم عن الحركة .

و لما كان جسم المجس مثبتا تثبيتا جسيئا مع حامل القلم فان جسم المجس يتحرك عند حركة الصمام المكبسى فى نفس الاتجاه بحيث تتكون بينهما قناة بنفس المقطع التى تتزن معه القزى بالاسطوانة 4 . و نتيجة لذلك فان الحامل و القلم تتبع حركة الصمام المكبسى، و لذلك تسمى مثل هذه الانظمة بالتابعة .

و يثبت حامل النسخ على عربة المخرطة ، ويتحرك جسم الحامل و به الاسطوانة الهيدروليكية 4 على موجهات لحامل النسخ تميل بزاوية 45 ° على محور المخرطة . و يسرى الزيت خلال الاسطوانة 4 خلال فتحة بالساق . و يظل الساق ثابتا اثناء العمل و تتحرك الاسطوانة 4 و معها جسم الحامل تحت تأثير الزيت .

و يركب جسم المجس الهيدروليكي 5 على منزلق يمكن ان يتحرك على موجهات خاصة ، ويتجسس الصمام المكبسى المجس سطح الفورمة المنسوخة الجانبى بواسطة طرفه المثبت على رافعة المجس (شكل 206) .

القدرة الفعالة NE :

و هى القدرة المطلوبة لادارة الجزء عند قطع المعادن (قدرة القطع) تحسب من المعادلة :

$$NE = (Pz . V) / 60 . 10^2 \quad KW \qquad (11)$$

** و تساوى قدرة محرك المخرطة الكهربائى : محموع القدرة المستهلكة للتغلب على مقاومة القطع عند ازالة الطبقة الزائدة من المعدن و القدرة المستهلكة للتغلب على قوى الاحتكاك بتركيبات المخرطة .

و يمكن حساب قدرة المحرك الكهربائى للمخرطة من المعادلة الاتية :

$$Nm = \frac{Pz . V}{60 . 10^2} + \frac{Py . Vy}{60 . 10} + \frac{Px . ns + Nf}{1000 . 60 . 10^2} \quad KW \quad (12)$$

و لما كانت $Vy = 0$ ، والقدرة الاستهلاكية للتغذية من Px قليلة جدا ، والقدرة المستهلكة للتغلب على قوى الاحتكاك Nf بتركيبات المخرطة يمكن ان تدخل فى المجسات بواسطة التعويض بالكفاية فى المعادلة فانه يمكن تحديد قدرة المحرك Nm حسب المعادلة الاتية :

$$Nm = (Pz . V) / (60 . 10^2 . \eta) \quad KW \qquad (13)$$

حيث Nm – قدرة المحرك الكهربائى للمخرطة بالكيلوات .

Pz – قوة القطع المماسية (المحيطية) بالكيلوجرام .

V – سرعة القطع، متر/ دقيقة .

η – كفاية المخرطة و تساوى عادة 0.65 – 0.85 (و فى المتوسط 0.7 – 0.75) و تتوقف على مدى تعقيد التركيبة التى تنقل الحركة من المحرك الكهربائى الى الاجزاء العاملة بالمخرطة .

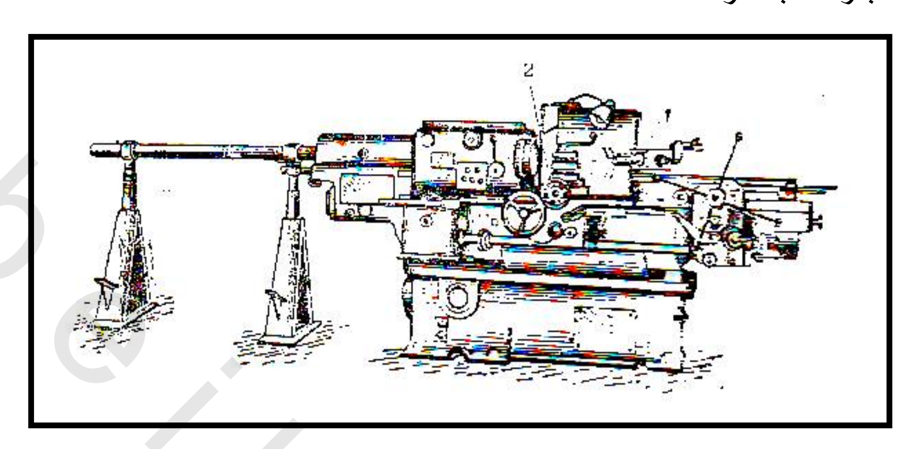
مخارط البرج :

و تستعمل للتشغيل بمجموعات للاجسام الدورانية المعقدة الشكل من القضبان او من الاجزاء المكبوسة فى اسطمبات و المطروقات و المسبوكات . و تنقسم عملية تشغيل الاجزاء على هذه المخارط الى عدد من العمليات المتتالية تعمل كل منها . الالات القاطعة المثبتة بالاماكن الخاصة لذلك بالبرج الدائر، و تعتبر محارط البرج من مجموعة من المخارط و ان كانت تمتاز عنها بوجود البرج . و تنقسم الابراج حسب انشائها الى ابراج اسطوانية و منشورية و مستوية .

و بشكل (207) منظر عام لمخرطة برج من الطراز 134 OA و هذه المخرطة تستعمل لصناعة الاجزاء من القضبان المعايرة، و التى يتطلب تشغيلها عددا من العمليات المتتالية مثل : الخراطة، الخراطة الجانبية، الفصل، الثقب و تشطيب الثقب بالبرغل، وقطع اللوالب بواسطة ذكر اللوالب و كفات اللوالب بالانتاج بالجملة و بالمجموعات .

و تجرى تغذية القضيب المشغل و تثبيته بالظرف المشقوق اوتوماتيا بواسطة محرك كهربائى منفصل، وبالمخرطة (شكل 207) برج 1 مسدس يدور حول محور رأسى، وعربة عرضية 2 حامل مربع

للالات، مما يسمح بخراطو الاجزاء طوليا او جانبيا و كذلك بفصل الاجزاء الجاهزة .



شكل رقم 207 ، شكل عام للمخرطة طراز 1340 A

و يجرى تغيير سرعات دوران المحور و التغذية بواسطة قوابض كهرومغناطيسية عند دوران البرج 1 دون ايقاف المخرطة . و يتم دوران البرج اوتوماتيا اثناء حركة العربة الحاملة له الى الخلف فى نهاية كل مشوار .

و اقصى قطر للقضيب المشغل 40 مم . و يمكن تغيير سرعة دوران المحور فى الحدود من 60 – 2000 لفة/ دقيقة ، و تساوى قدرة المحرك الكهربائى الرئيسى 7 كيلوات، وقدرة محرك الية تغذية و تثبيت القضيب 0.6 كيلوات .

و انتاجية مخارط البرج عند تشغيل الاجزاء بمجموعات اعلى بكثير من الالة القاطعة و ضبط المخرطة على مقاس الجزء المشغل . و بالاضافة الى ذلك كثيرا ما يمكن اختصار وقت التشغيل باجزاء عدة عمليات فى وقت واحد بعدة الات .

المخارط الكثيرة الالات :

و قد حظيت بانتشار واسع بالصناعة الميكانيكية للانتاج بالجملة و بالمجموعات، ويختلف التشغيل على المارط الكثيرة الالات عنه على المخارط العامة بكونه يجرى لا بقلم واحد و لكن بعدة اقلام فى وقت واحد ، مما يختصر معه وقت تشغيل الاجزاء الى حد كبير . و بالمخارط الكثيرة الالات عربتان تعملان فى وقت واحد : الامامية للخراطة الطولية . و الخلفية للخراطة العرضية . و من المفيد استعمال المخارط كثيرة الالات لتشغيل الاجزاء ذات الشكل المدرج ذا ان تشغيل هذه الاجزاء يجرى فى وقت واحد لكل الدرجات و السطوح الجانبية .

و تنتج صناعة ماكينات القطع السوفييتية فى الوقت الحاضر مخارط ناسخة هيدرليكية نصف اوتوماتية لتشغيل الاجزاء ذات الشكل المدرج . و على هذه المخارط تشغل الاجزاء المدرجة الشكل بقلم واحد باستعمال فورمة نسخ و حساس يعملان بنظام هيدروليكى (انظر الشكل 206)، و خدمة المخارط الناسخة الهيدرولية النصف اوتوماتية اسهل بكثير من خدمة المخارط كثيرة الالات .

المخارط الاوتوماتية و النصف اوتوماتية :

دعت الرغبة فى زيادة انتاجية ماكينات القطع الحديثة و تخفيض تكاليف تشغيل الاجزاء فى الوقت ذاته الى خلق مخارط اوتوماتية و نصف اوتوماتية مختلفة . وتسمى ماكينات اللقطع التى يجرى بها جميع العمليات المتصلة بتشغيل الاجزاء فيما عدا تثبيتها على المخرطة و نزعها بعد التشغيل و تشغيل الماكينة اوتوماتيا بواسطة آليات الماكينة دون تدخل العامل بماكسنات القطع النصف اوتوماتية .

وتسمى ماكينات اللقطع التى يجرى بها جميع العمليات المتصلة بتشغيل الاجزاء ومنها تثبيت الاجزاء الجديدة و نزعها بعد التشغيل اوتوماتيا بواسطة آليات الماكينة دون تدل العامل بماكينة القطع الاوتوماتية .

و تستعل مخارط النصف اوتوماتية الحديثة لصناعة الاجزاء من القضبان و كذلك من المسبوكات او المطروقات، وتصنع على المخارط الاوتوماتية عادة الاجزاء من القضبان .

و لصناعة الاجزاء من القضبان يدخل فى المحور المجوف للمخرطة الاوتوماتية طرف قضيب طوله 3 – 4 امتار ' فتقوم المخرطة بتغذية القضيب المدخل بالمحور المجوف حتى المسند و تثبيته ثم تشغل الالات القاطعة المختلفة بالبرج و بالعربة العرضية و تضبط سرعة القطع عند الثقب و ضبط الثقوب بالبرغل و قطع اللوالب و تقوم بفصل الجزء عن القضيب، ولا حاجة لايقاف المخرطة الاوتوماتية لتكرار العملية اذا انها تقوم بذلك تلقائيا .

و تنقسم المخارط الاوتوماتية الى مخارط وحيدة المحور او كثيرة المحاور . و يشغل على المخارط الوحيدة المحور قضيب واحد ، فى حين يشغل على المخارط الكثيرة المحاور 4 او 5 او 6 او 8 قضبان فى وقت واحد حسب عدد المحاور . و هكذا فان المخارط الكثيرة المحاور اعلى انتاجية من الوحيدة المحور .

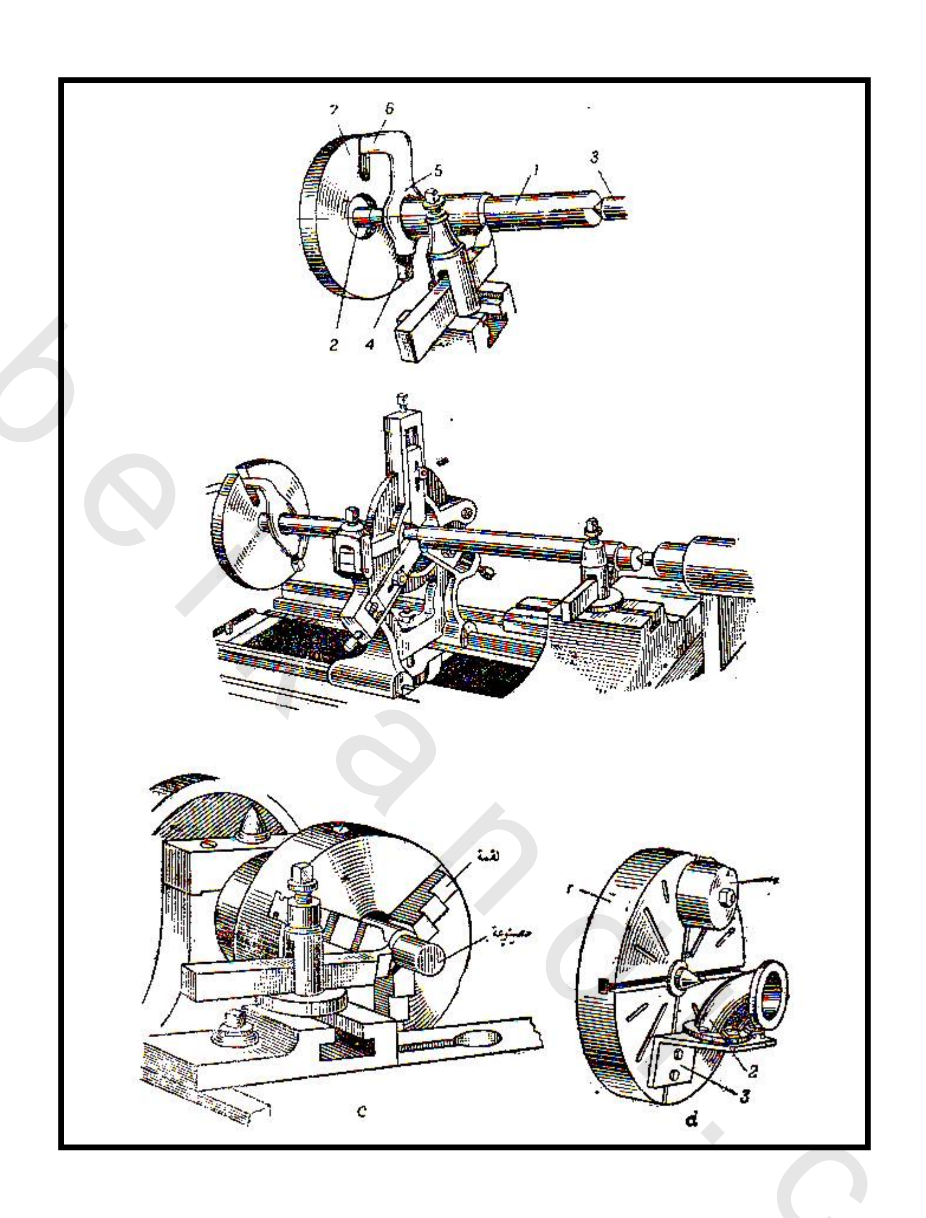
و تجرى على المخارط العامة مختلف العمليا ، كخراطة للاجزاء الطويلة بين ذنبتين و الخراطة الخارجية و الداخلية لمختلف الاجزاء المثبتة فى ظرف او على صينية ، وخراطة المخروطات الداخلية و الخارجية وخراطة الجوانب و خراطة الاجزاء الواجهية و قطع اللوالب .

خراطة السطوح الاسطوانية الخارجية بين ذنبتين :

(شكل 208، a) و هى من عمليات التشغيل الشائعة على المخارط، و فى هذه العملية يوضح الجزء 1 الذى ثقب به استعدادا لهذه العملية ثقبان للمركز بطرفيه بين ذنبة 2 غراب الرأس (الغراب الثابت) و ذنبة 3 غراب الذيل (الغراب المتحرك). و يركب على الجزء بواسطة مسمار 4 مفتاح الادارة 5 ذى الاصبع المنحنى 6 و يدور هذا المفتاح بواسطة الاصبع 6 الذى يدخل فى مشقبية بالصينية 7 و تثبت الصينية 7 بواسطة لولب على الطرف الامامى للمحور .

و عند خراطة الاجزاء الطولية ($1 > 12d$) تستعمل المخانق و هى عبارة عن تركيبات تمنع انثناء الجزء و تنقسم المخانق الى ثابتة و متحركة و تثبت المخنقة الثابتة (شكل 208، b) ذات الثلاث لقك على موجهات الفرش (البدن)، وتثبت المخنقة المتحركة ذات اللقمتين على العربة، وتتحرك معها طوليا بالنسبة الى الجزء .

و تشغل الاجزاء الصغيرة عادة مع تثبيتها فى الظرف، وفى هذه الطريقة للخراطة يركب الجزء بالظرف و يصبت بواسطة اللقم، وتنقسم الظروف لمستعملة لتثبيت الاجزاء الى ظروف باربع لقم مستقلة الحركة (معتادة) و ظروف بثلاث لقم تتحرك جميعها فى وقت واحد حركة متمركزة (شكل 208، c)، و تشغل الاجزاء غير المتماثلة ومعقدة الشكل على الصينية، والصينية 1 عبارة عن قرص يركب على المحور بلولب، والوجه العامل للصينية عبارة عن مستوى به مشقبيات ومجارى ، ويثبت الجزء 2 بواسطة المسامير و اللينات الى الزايو 3، التى تركب على المستوى العامل للصينية1 و تثبت بالمسامير، و لضمان اتزان يركب عليها من الجهة الاخرى ثقل التوازن 4 .



شكل رقم 208 ، انواع الاعمال المجراة على المخارط

و تستعمل فى الوقت الحاضر على المخارط المعدة للانتاج بالجملة و بمجموعات كبيرة ظروف تعمل بضغط الهواء و هيدروليكية تضمن تثبيت الاجزاء بسرعة و امان . و تستعمل على نطاق واسع بالصناعات الميكانيكية اجزاء ذات اسطح مخروطية خارجية او ثقوب

مخروطية خارجيان، ويستعمل جزء المخروط القليل السلبية لتركيب الذنبتين و تثبيتهما بالثقب المخروطى للطرف الامامى للمحور و بمنزلق الغراب المتحرك، ويستعمل الجزء الثانى الكبير السلبية من المخروط لسند الاجزاء بين الذنبتين، وبكل من بنطة المثقاب و بنطة التجويف و البرغل كذلك مخروط جانبى للتثبيت . و لن نشرح هنا عناصر المخروط و هى معروفة بالهندسة و سنوضح فقط المفاهيم الاساسية المتصلة بتشغيل المخروطات .

و عند صناعة المخروطات تبين على الرسم عادة ثلاثة مقاسات اساسية : القطر الكبير D و القطر الصغير d و طول (ارتفاع) المخروط l (شكل 209، a,b) و مقاسات المخروط هذه مرتبطة فيما بينها و بمعلوميتها يمكن تحديد السلبية و ميل المخروط .

و السلبية هى نسبة الفرق بين قطرى المخروط الى طوله (او ارتفاعه) وميل المخروط هو نسبة الفرق بين قطرى المخروط الى طوله . و من التعريفين السابقين نرى ان ميل المخروط نصف سالبيته .

و يعبر عن السالبية و عن ميل المخروط عادة بكسر بسيط (1/10، 1/20، 1/50) و بكسر عشرى (0.1، 0.05، 0.02) .

و احيانا يبين الرسم احد قطرى المخروط فقط و طوله وسالبيته او ميله و فى هذه الحالات يمكن حساب القطر الاخر بسهولة باستعمال الجداول الرياضية، بواسطة السالبية .

و لامكان تبادلية اجزاء الماكينات و الالات ذات السطح المخروطى و لتسهيل استعمالها و خفض تكاليف تجهيزها توجد

مقاسات عادة، والمواصفات القياسية السوفييتية اجبارية التنفيذ بكل الصناعة السوفييتية .

و اكثر المخروطات انتشارا بالصناعة السوفييتية هى مخروطات مورس للعدة (5,4,3,2,1,0 ,6) و المخروطات المترية (140,120,100,80,6,4) .

و يمكن خراطة السطوح المخروطية على المخارط باحدى الطرق التالية : باستعمال قلم عريض، او بزحزحة ذنبة الغراب المتحرك او بادارة العربة العلوية او باستعمال مسطرة نسخ المخروطات، او باستعمال تحريك العربتين فى وقت واحد الطولية فى الاتجاه الطولى والعرضية فى الاتجاه العرضى .

و يمكن خراطة المخروطات الخارجية القصيرة (مم l =10/15) باستعمال اقلام مسطحة عريضة (شكل 209، a) .

و يمكن خراطة الاجزاء الطويلة القليلة السلبية بين ذنبتين مع تحريك الغراب المتحرك بالنسبة لمحور المخرطة (شكل 209، b) بمقدار h يحدد دون خطأ كبير من المعادلة التقريبية :

$$n = \frac{L}{1} \cdot \frac{D - d}{2} \text{ مم} \qquad (14)$$

حيث : L – طول العمود (او الجزء) بالمم .

l – طول الجزء المخروطى بالمم .

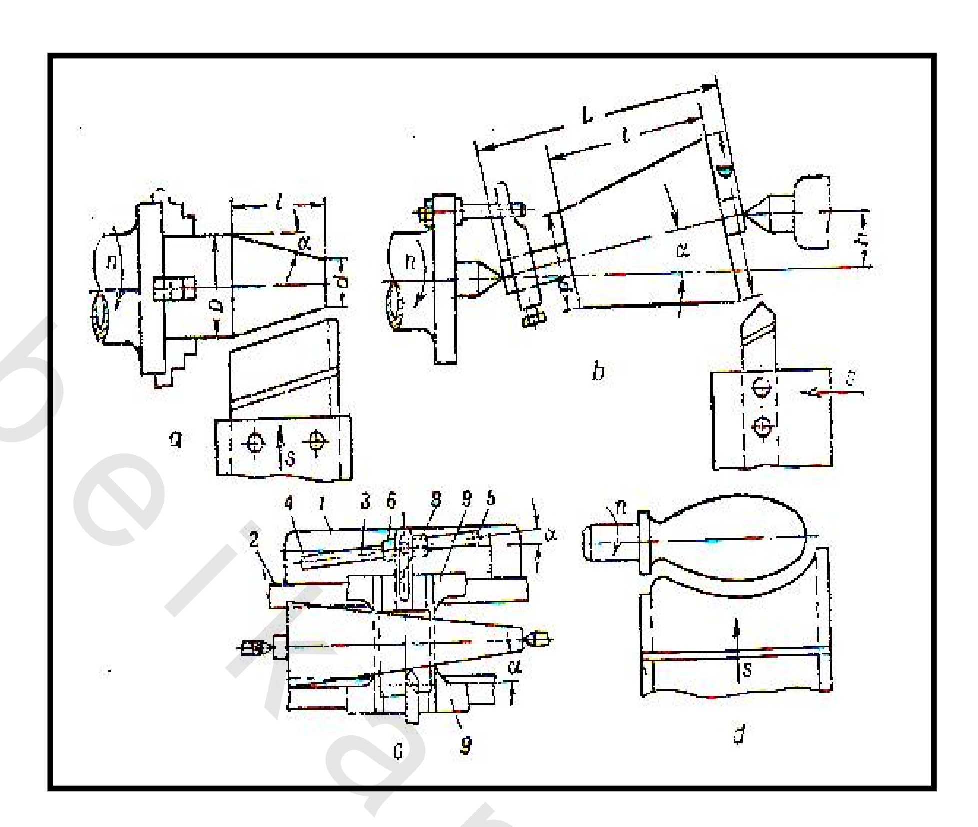
D – d – الفرق بين قطرى المخروط بالمم .

و مقدار تحريك الغراب المتحرك بالنسبة لمحور المخرطة صغير و يتراوح بالتصميمات المختلفة للمخارط من 10 – 20 مم، ونادرا ما يزيد عن ذلك و عيب هذه الطريقة هو ان الذنبتين لا يكون وضعهما بثقوب المركزة صحيحيا . ولا يمكن بهذه الطريقة خراطة السطوح المخروطية الداخلية .

و تستعمل لخراطة السطوح المخروطية الخارجية و الداخلية بادارة العربة العرضية عند خراطة المخروطات القصيرة الكبيرة السلبية كخراطة مخروطات ذنب المخرطة و خامات التروس المخروطية .

و احسن طرق تشغيل السطوح المخروطية هى طريقة الخراطة باستعمال مسطرة نسخ المخروطات و باستعمال تحريك العربتين الطولية و العرضية فى وقت واحد (بالمخارط الخاصة) .

و بشكل (209، c) رسم تخطيطى لخراطة المخروطات باستعمال مسطرة نسخ المخروطات فتركب المسطرة 3 على حامل 1 يثبت على الفرش 2، ويمكن تغيير الزاوية بين المسطرة و محور المخرطة و تثبت المسطرة بالمسمارين 4 و 5 و يتحرك على المسطرة منزلق 6 يتصل بالعربة العرضية 7 بشداد جسئ 8 و تفك العربة العرضية عن لولب تحريكها و عند حركة العربة الطولية 9 على موجهات الفرش يتحرك المنزلق 6 على المسطرة 3 فيجعل العربة العرضية 7 و عليها القلم تتبع اتجاه المسطرة الذى يميل بزاوية α على محور المخرطة بواسطة الشداد 8 . و تشغل الاجزاء الوجهية بواسطة اقلام وجهية خاصة يطابق شكل حروفها القاطعة الشكل الجانبى للاجزاء (شكل 209، d) او بواسطة فورمات نسخ يطابق شكلها كذلك الشكل الجانبى للاجزاء .



شكل رقم 209، رسم تخطيطي لخراطة المخروطات و السطوح الواجهية

ومـن ادق الاعمـال التـى تجـرى علـى المخـارط قطـع اللوالـب، واسـاس اى لولـب هـو مـا يسـمى بـالخط اللـولبى، و يـتم تكـوين الخـط اللـولبى علـى الاجزاء المشغلة نتيجة لحـركتين متـوافقتين فيمـا بينهمـا — دوران الجزء (او الالة) و حركة الالة .

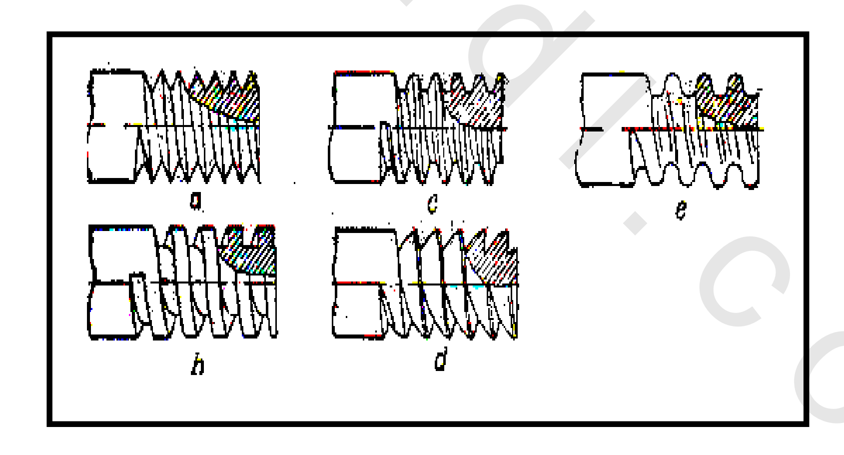
و مقطـع اللولـب هـو قطـاع سـنة اللولـب بمسـتوى يمـر بمحـور الاسطوانة التى يتكون حولها اللولب (مستوى قطرى) و اكثـر المقـاطع انتشارا عمليا المقطع المثلث (شكل 210، a) و شبه المنحرف (210، b) و المربع شكل (120، c)، وتستعمل احيانا فى الظروف الخاصة

لانشاء التركيبة المقاطع الارتكازية او المنشارية الشكل (شكل 210، d) و المستديرة (شكل 210، e) و عناصر اللوالب كقطر المسامير و الصواميل و خطوة اللولب و عمق الوديان (ارتفاع القمم) وكذلك زاوية الشكل الجانبى للمقطع مقادير موحدة قياسيا .

و تستعمل لوالب مترية و بوصية ، و توصف اللوالب المترية بقطرها و خطوتها بالمليمتر، وتوصف اللوالب البوصية بقطرها بالبوصة و بعدد الاسنان بالبوصة الطولية من اللوالب او بالخطوة بالبوصة . وبالاضافة الى ذلك فان زاوية رأسالسنة تختلف باللوالب المترية و البوصية فهى بالاولى 60° و بالثانية 55° .

و طرق قطع اللوالب بالغة الاختلاف و تتوقف على طريقة القطع و المقاسات و شكل الجزء المقطوع و الغرض من اللولب .

و يمكن قطع اللوالب على المخارط نتيجة لحركة العربة وعليها القلم طوليا و دوران المحور و الجزء .



شكل رقم 210 ، المقاطع المختلفة اللوالب

و بشكل (211) رسم تخطيطي حركى لدارئرة قطع اللوالب بالمخرطة عند القطع . تنتقل الحركة من المحور 1 الى عمود اللولب 2 خلال تروس العكس z3 ,z2, z1(للحركة للامام)، او z3 ,z5 ,z4 ,z2, z1 (للحركة للخلف) و التروس المتغيرة d, c, b, a التى تضبط المخرطة بواسطتها لقطع الخطوة المطلوبة للولب . و تتم حركة العربة 3 و عليها القلم 4 طوليا بتعشيق الصامولة المشقوقة 5 مع عمود اللولب 2 . و لقطع لولب بخطوة معينة Tp يجب تحديد نسبة نقل الحركة بواسطة التروس المتغيرة من شرط وجوب حركة العربة الطولية بمقدار يساوى الخطوة المطلوبة Tp عند دوران المحور دورة كاملة ، اى ان كل دورة للمحور تساوى :

$$\frac{z1}{z2} \cdot \frac{z2}{z3} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot t = Tp \qquad (15)$$

فلو رمزنا للتسبة 1 دورة للمحور (z1/z2 (z2/z3) بالرمز P تصبح المعادلة :

$$P \cdot a/b \cdot c/d = Tp$$

و منها نحصل على المعادلة العامة لحساب نسبة نقل الحركة بواسطة المتغيرة عند قطع اى نوع من اللوالب فى الشكل التالى :

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{Tp}{P} \qquad (16)$$

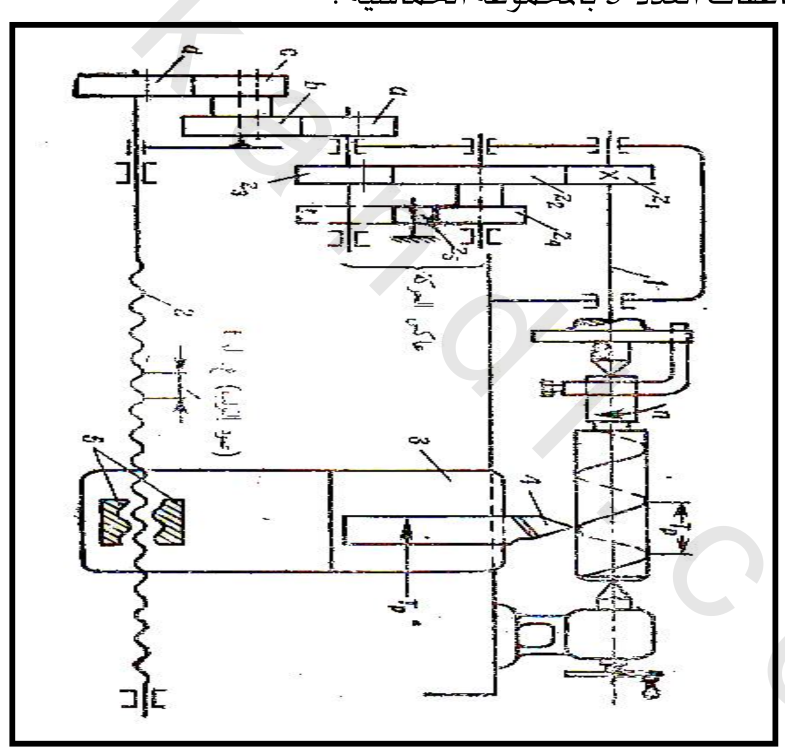
حيثa/b ، c/d - نسبة نقل الحركة بواسطة التروس المتغيرة .

Tp – خطوة اللولب المقطوع بالمليمتر او البوصة .

P – ثابت نقل الحركة للدائرة الحركية لقطع اللوالب بالمخرطة .

فاذا كانت خطوات عمود اللولب و اللولب المطلوب قطعه معطاة بوحدات مختلفة (الاول بالبوصة و الثانى بالمليمتر او العكس) يجب تحويل البوصات الى ملليمترلات حسب المعادلة : 1 بوصة = 25.4 ملليمتر = 127/5 مم .

و لهذا السبب يجب ان يكون بمجموعة التروس المتغيرة ترس عدد اسنانه 127 .وتسمى محموعة التروس التى يساوى عد اسنانها مضاعفات العدد 5 بالمحموعة الخماسية .



شكل رقم 211 ، رسم تخطيطى لدائرة الحركة للمخرطة عند قطع اللولب

و تقابلنا عمليا عند قطع اللوالب عدة حالات اساسية : فيمكن مثلا ان تكون خطوة اللولب المطلوب Tp و خطوة عمود اللولب بالمخرطة t معطاة بالبوصة وفى هذه الحالة سجي ان توضع قيم هذه الخطوات قيم هذه الخطوات فى معادلة نسبة نقل الحركة (16) بالبوصة Tp و t .

فاذا كانت خطوة اللولب المطلوب قطعه و خطوة عمود اللولب معطاة بعدد الاسنان بالبوصة يجب بدلا من القيم Tp و t بالمعادلة (16) التعويض بالقيم الاتية : $1'' / k$ ، $1'' / k1$ حيث k – عدد اسنان اللولب المطلوب قطعه بالبوصة و $k1$ – عدد اسنان عمود اللولب بالبوصة . و كثيرا ما تعطى قيم خطوة اللولب المطلوب قطعه Tp و خطوة عمود اللولب t بالملليمتر، وفى هذه الحالة يعوض فى المعادلة (16) بهذه القيم بالملليمتر، واحيانا تعطى خطوة اللولب المطلوب قطعه Tp بالملليمتر و خطوة عمود اللولب بالبوصة او العكس، وفىهذه الحالة يجب تحويل الخطوة بالبوصة الى ملليمترات اى ضربها فى الرقم 25.4 و التعويض بقيمتهما فى المعادلة (16) لاختيار التروس المتغيرة . و عند قطع التروس الدودية للعجلات الدودية يعبر عن خطوة الدودة المقطوعة بالموديل m مم اى ان $Tp = m\pi\alpha$ مم حيث α – عدد ابواب الدودة، m – الموديل بالمم، و تؤخذ قيمة النسبة التقريبية π بالتقريب لتسهيل اختيار التروس المتغيرة : $\pi=22/7$ او غير ذلك حسب دقة اللولب المقطوع، و فى هذه الحالة يعوض فى المعادلة (16) عن Tp بالقيمة $m\pi\alpha$ و عن خطوة عمود اللولب t بنفس التميز. و عند اختيار التروس المتغيرة a, b, c, d (شكل 211) حسب المعادلة الموردة اعلاه يجب مراعاة شرط امكان تعشيقها و هو ان تكون $a+b>c$ ، $c+d>b$ و يجب الا تقل الزيادة عن 15 سنة .

*** مثال :**

خطوة عمود اللولب بالمخرطة t = 8 مم و المطلوب قطع لولب خطوته Tp =4/ 1" اذا كان ثابت نقل الحركة بالمخرطة P = 1 .

اوجد عدد اسنان التروس المتغيرة .

الحل :

$$\frac{a}{b}\frac{c}{d} = \frac{Tp}{P.\,t}$$

$$\frac{a}{b}\,.\,\frac{c}{d} = \frac{Tp\,.\,127/5}{t} = \frac{127\,.\,1}{5\,.\,4\,.\,8} = \frac{127\,.\,1}{5.4.4.2} = \frac{127\,.\,1}{80\,.\,2}$$

و بضرب مقام الكسر و بسطه فى 50 نحصل على :

$$\frac{a}{b}\,.\,\frac{c}{d} = \frac{127\,.\,1\,.50}{80\,.\,2\,.\,50} = \frac{127\,.\,50}{80\,.\,100}$$

و هكذا فانه يجب لقطع اللولب المكلوب استعمال تروس عدد اسنانها كالاتى :

$$a = 127,\ b = 80,\ c = 50,\ d = 100$$

و بمراجعة شرط امكان التعشيق للتروس المختارة فان $127+80>50$ ، $50+100>80$ نجد انها قابلة للتعشيق .

يجب تركيب التروس المختارة حسب الرسم التخطيطي المبين بالشكل السابق .

4- ماكينات الثقب (المثاقيب) :

الثقب هو عملية تكوين فتحات باجزاء الماكينة بواسطة حركتين آنيتين : حرجة دورانية للالة القاطعة حول محورها الهندسى و حركة انتقالية باتجاه محور الالة القاطعة . و يجرى فتح الثقوب بآلات قاطعة مختلفة على ماكينات الثقب (الثقابات او المثاقب) . و تستعمل المثاقيب لاجراء اعمال مختلفة كالثقب و توسيع الثقوب و ثقب التجاويف لرؤوس المسامير و تشطيب الثقوب بالبرغل و خراطة الثقوب و ثقب التجاويف لرؤوس بواطسة ذكور اللوالب .

و تنقسم الالات القاطعة المستعملة لفتح الثقوب الى مثاقب (بنط) بلدية و بنط حلزونية (امريكانى) و الى بنط لثقب مواسير البنادق و بنط تجويف لرؤوس المسامير و براغل و اقلام الخراطة الداخلية و ذكور القلاووظ .

المثقب (البنطة) الحلزونى :

هو اهم الالات المستعملة لفتح الثقوب بالمعادن (شكل 212، a) و هو عبارة عن ساق اسطوانية بها قناتان حلزونيتان و تتكون من الاجزاء الثلاثة الرئيسية الاتية : الجزء العامل 1 و الرقبة 2 و الذنب (اسطوانى او مخروطى) 3 .

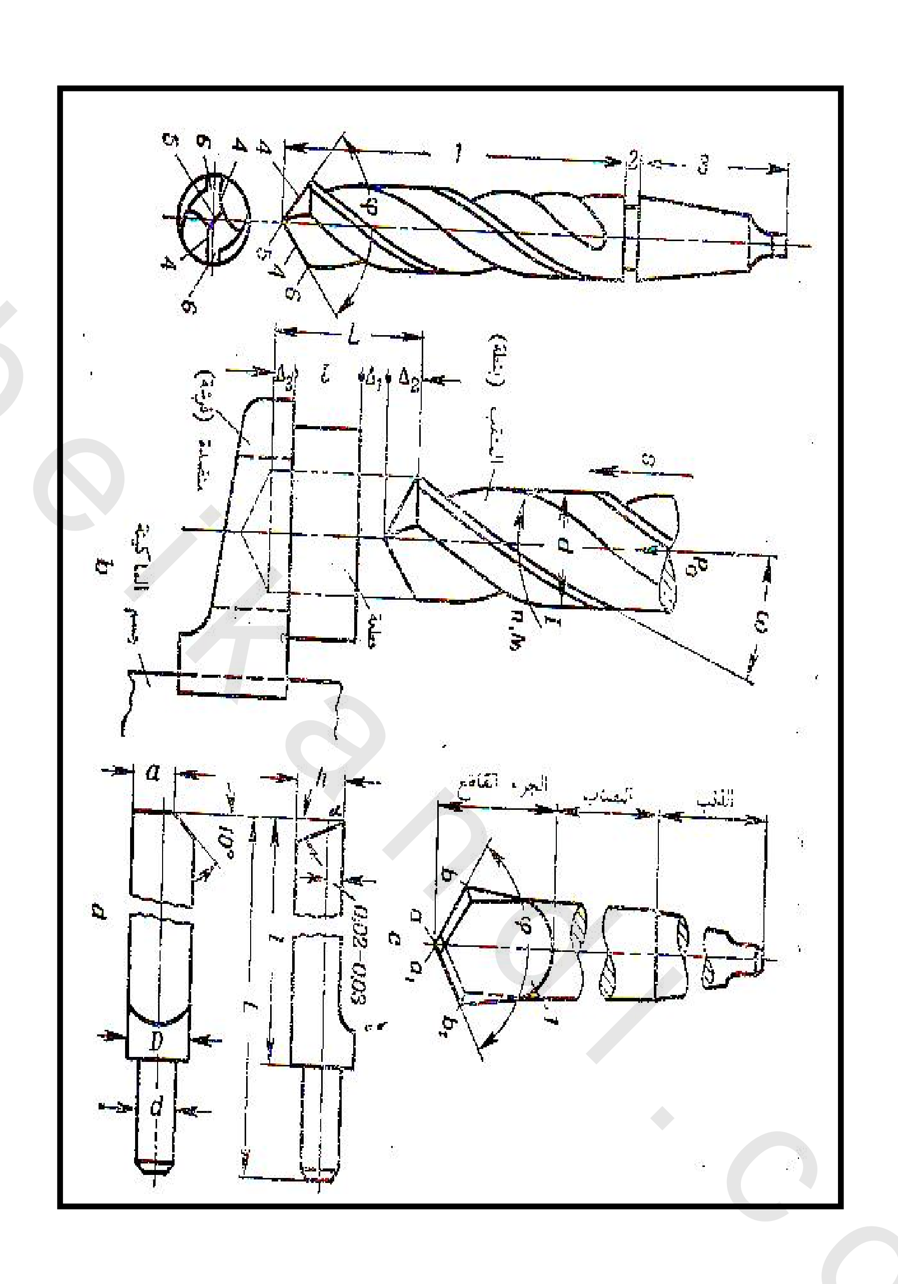
و بالجزء العامل خمسة عناصر للقطع نتيجة لسن قمة البنطة (الجزء القاطع) بزاوية معينة φ ° : و هى الحدان القاطعان الرئيسيان 4 و حد الاتصال 5 و الحدان المساعدان و يوجدان على شريطى القناتين الحلزونيتين 6 . و يجب عند سن البنطة مراعاة ان يكون الحدان الرئيسيان 4 متساويان فى الطول، والا كان قطر الثقب اكبر من قطر

البنطة . و تتراوح زاوية رأس البنطة ما بين 90 – 130 ° (و هى بالبنط القياسية المعتادة 118 – 120 °)حسب المادة المشغلة . و تكون الزاوية اصغر للمواد اللينة و اكبر للمواد الصلدة . تتروواح زاوية الانحراف للقنوات الحلزونية من 20 – 45 °و تؤخذ زاوية الحلزون بالبنط القياسية المعتادة 28 – 30 ° و تزيد هذه الزاوية عند تشغيل الالومنيوم عن ذلك وقد تبلغ 45 °، وعند ثقب المواد القصفة (كالبرونز و النحاس الاصفر) تؤخذ نحو 25 ° . و البنط الحلزونية اعلى انتاجية و ادق عملا بالمقارنة بالبنط البلدية ، و تضمن القنوات الحلزونية بهذه البنط اخراج الرايش جيدا و يضمن الشريط الحلزونى (الدليل) ضبط اتجاه البنطة بالثقب .

المثقب (البنطة) البلدية :

(شكل 212، b) و هى ابسط و اقدم اشكال البنط، والجزء العامل 1 بها عبارة عن جاروف صغير له حدان قاطعان ab وa1b1 و البنط البلدية سهلة التجهيز و لكنها قليلة الانتاجية و لاتضمن دقة كافية للثقوب .

مثاقب المدفع (شكل 212، d) و هى تستعمل لثقب القنوات العميقة فى المحاور و العوامد و السبطانات و الاجزاء الاخرى و تعطى المثاقب من هذا النوع الثقوب الدقيقة و الناعمة التى لا تطلب تشغيلها ببنط التوسيع و البراغل، اما عيوبها فهى قليلة الانتاجية .



شكل رقم 212 ، انواع المثاقب (البنط) ورسم تخطيطى للتشغيل بالثقب

بنط التوسيع :

و تستعمل لزيادة قطر الثقوب المفتوحة قبل استعمال بنط الثقب او الناتجة عند سبك اجزاء الالات و هى الالات المتوسطة بين بنط الثقب و البراغل . و تمتاز عن بنط الثقب بوجود عدد اكبر من الحدود القاطعة الرئيسية (3 او 4) قد تكون و بنط التوسيع حلزونية الشكل . من قطعة واحدة او بلقم، وتستعمل بنط التوسيع المخروطية لشطف اطراف الثقوب بالمسبوكات، و تؤخذ علاوة التشغيل للتوسيع عادة من 1 – 3مم.

البراغل :

و تستعمل لتشطيب الثقوب و الحصول على دقو و ملاسة عالية للسطح المشغل . و تختلف البراغل عن بنط التوسيع بوجود عدجد اكبر من الحدود القاطعة الرئيسية (4 – 12 حد قاطع) و تساوى علاوة التشغيل الاولى بالبغرل 0.1 – 0.7 مم و التشطيب 0.05 – 0.15 مم .

و تختلف بنط التوسيع و البراغل عن البنط الحلزونية اساسا فى عدد الحدود القاطعة الرئيسية (عدد القنوات الحلزونية) و فى زاوية المقابلة .

و تصنع البنط البلدية و مثاقب البنادق من صلب العدة الكربونى y10 و y10A و تصنع البنط الحلزونية و بنط التوسيع و البراغل من صلب العدة الكربونى y10A و y12A و من الصلب السريع القطع P9 و P18 او من بديلاتها .

و فى الوقت الحاضر تستعمل على نكاق وساع البنط المزودة بقلم من الكاربيدات الصلدة BK8 و برؤوس من الكاربيدات . و هذه البنط اعلى انتاجية و تستعمل للقطع السريع .

و لفتح ثقوب بالصلب العالى السبيكية (Hb – 340 – 409) تستعمل بنط حلزونية دون حد اتصال (KMΓ) مزودة بالكاربيدات الصلدة . و وجود تجويف زاوى بدلا من حد الاتصال بهذه البنط يسهل تغلغلها فى المعدن المشغل و يخفض القوة المحورية للقطع . و لرفع انتاجية الثقب للصلب الكربونى الطرى (الصلب 20 و الصلب 30) تستعمل بنط حلزونية ذات تقسيم للرايش و تؤدى الاشكال المختلفة لحدود القطع بهذه البنط الى انقسام الرايش الى ثلاثة اجزاء و خروجه بسهولة .

و تتلخص عملية لقطع عند الثقوب فى تكوين ثقب ذى قطر معين بالمعدن الاصماو فى توسيع الثقوب الخشنة الموجودة فعلا الى القطر المطلوب بالدقة المطلوبة . و يتكون عند ثقب المعادن اللدنة رايش مستمر فى الغالب ة قد يتكون احيانا رايش مقطع و يتكون عند ثقب المواد قليلة اللدونة رايش متشقق .

و تقوم البنطة الحلزونية (شكل 212، a) بالثقب بواسطة حديها القاطعين الرئيسين 4 و حد الاتصال 5 و الحدين المساعدين 6 . و يقوم بعملية الثقب اساسا الحدان القاطعان الرئيسيان فى حين يعمل حد الاتصال عند السرعت المنخفضة للقطع و يقوم بتقوير المعدن المشغل و نتيجة لذلك فانه يتعرض لتآكل شديد . و يعانى الحدان المساعدان (الدليلان) للقنوات الحلزونية احتكاكا شديدا نتيجة لعدم وجود زاوية خلوص لهما ، ومما سبق نرى ان القطع عند الثقب يجرى فى ظروف اصعب بالمقارنة مع عملية القطع عند الخراطة .

و تدور البنطة (شكل 212، b) عند الثقب فىالاتجاه I، وفى نفس الوقت تتحرك باتجاه محورها فى الاتجاه II .

سرعة القطع V :

و تقاص بالامتار فى الدقيقة و تحسب من المعادلة (14) .

وتحسب سرعة دوران المحور Π (البنطة) بمعلومية سرعة القطع V من المعادلة (9) .

التغذية :

و تساوى عند الثقب المسافة التى تتحركها البنطة بالمليمتر فى كل دورة للبنطة (المحور) و يرمز لها بالحرف S .

عمق القطع :

عند الثقب t مم يساوى نصف قطر البنطة d مم . و مساحة مقطع الرايش f مم2 عند الثقب تساوى حاصل ضرب عمق القطع t فى التغذية S . و يحسب زمن التشغيل الاساسى t0 بالدقائق عند فتح ثقب واحد من المعادلة الاتية :

$$t0 = L / n.s \qquad min$$

حيث L – المسافة الكلية لحركة المثقاب بالمم (شكل 212، b)

$$L = l + \Delta 1 + \Delta 2 + \Delta 3 \qquad mm$$

حيث l – عمق (طول) الثقب، مم .

Δ1 – مسافة اقتراب البنطة، مم .

Δ2 ≈ 0.3 d (عندما تكون زاوية رأس البنطة 120 °) و هى مقدار تغلغل البنطة ، مم .

Δ3 – مسافة تجاوز البنطة مم (عند الثاقب النافذ) .

و يؤثر على البنطة فى عملية الثقب (شكل 212، b) عزم الدوران على محور المثقاب، وقوة محورية P0 كجم تتغلب عليها تركيبة تغذية الماكينة، وفى المقام الاول ترس الجريدة و الجريدة . ومن الضرورى لانشاء المثاقب الجديدة و لاستغلال الماكينات الموجودة و البنط و تركيبات تثبيت الاجزاء و البنط معرفة عزم الدوران M و القوة المحورية P0 .

ماكينات الثقب (الثقابات او المثاقيب) :

وتنقسم الى مثاقيب رأسية (مثاقيب شجرة)ومثاقيب شعاعية (مثاقيب دف) ومثاقيب أفقية. وتنقسم المثاقيب الرأسة ومثاقيب الدف والمثاقيب الافقية حسب عد د محاورها الى مثاقيب وحيدة المحور او كثيرة المحاور .

و (بشكل 214 ، a) اوردنا المحطط الحركى الاساسى لمثقاب رأسى . ويتكون الثقاب من الاجزاء الاساسية التالية :

القاعدة 1 ، البدن الصندوقى المقطع 2، رأس المحور 3 بداخله يركب صندوق السرعات و المرك الكهربائى 4 و المحور II و صندوق سرعات التغذية 5 و المائدة المتحركة 6 .

و يتلقى المحور الدوران من محرك كهربائى منفصل 4 . وينتقل الدوران من المحرك الكهربائى بواسطة الترسين الاسطوانيين 8 و 9 الى العمود 1 بصندوق السرعات . ومن العمود I ينتقل الدوران بواسطة المجموعة المتحركة للتروس 11، 12، 13، 14، 15، 16 الى المحور II .

و هكذا فان محور المثقاب II يتلقى ثلاث سرعات مختلفة للدوران n1، n2، n3 حسب وضع تروس المجموعة المتحركة .

و يمكن تغذية محور المثقاب و عليه البنطة يدويا او اوتوماتيا . و تؤخذ حركة التغذية الاوتوماتية من المحور II و تنتقل بواسطة الترسين 17 و 18 الى العمود III بصندوق سرعات التغذية . و ينتقل الدوران من العمود III بواسطة المجموعة المتحركة للتروس 20، 21، 22 و التروس 23 ،24، 25 الى العمود IV، وتنتقل الحركة من العمود IV بواسطة الدودة 27 و التروس الدودى 7 الى ترس الجريدة 10 . و يحرك ترس الجريدة 10 بتعشيقه مع الجريدة 19 لمثبتة الى جلبة المحور 26 هذه الجلبة مع المحور الدائر بداخلها II .

و بالتصميم المبين لصندوق سرعات التغذية يحصل المحور II وعليه البنطة على 3 سرعات مختلفة التغذية S3, S2, S1 مم/ لفة من لفات المحور .

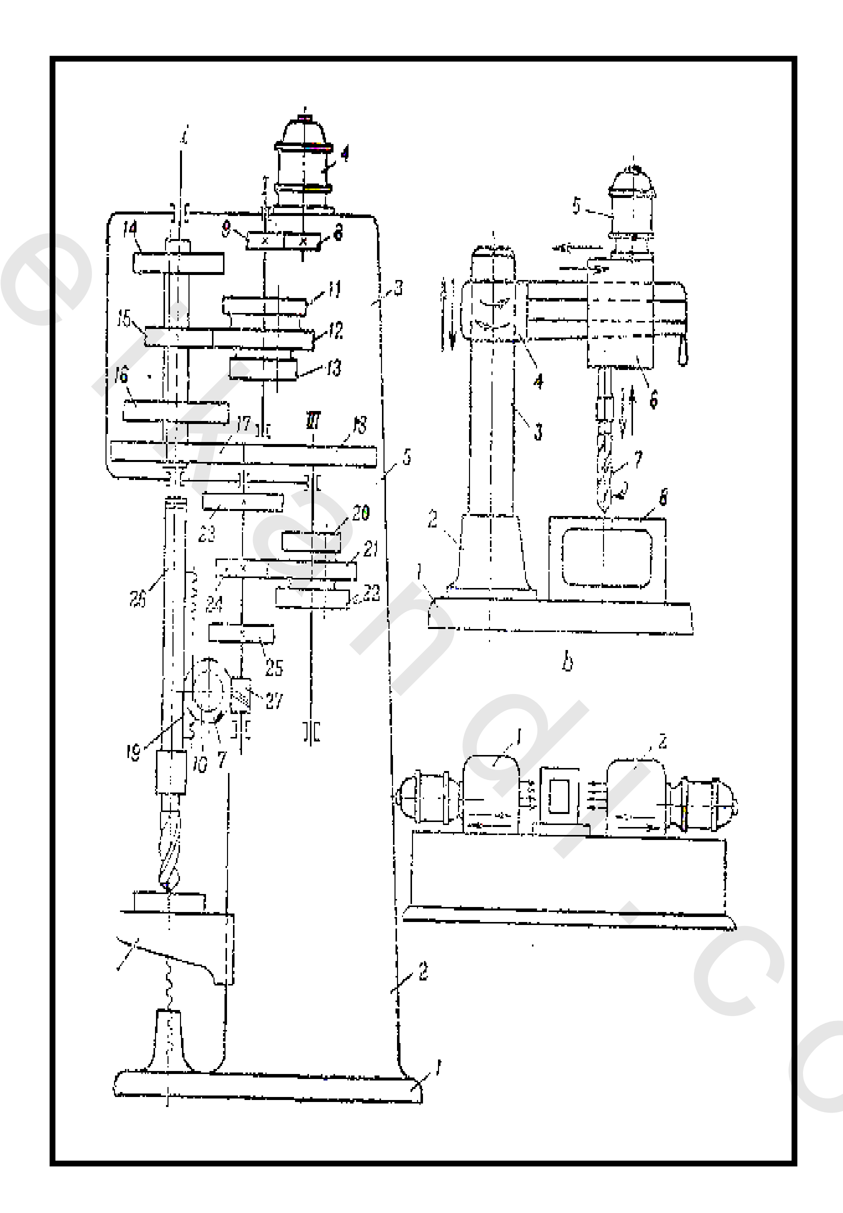
و بشكل (213 ، b) رسم تخطيطى لوضع الاجزاء الرئيسية لمثقاب دف يستعمل للثقب و لخراطة الثقوب و لتشطيب الثقوب بالبراغل و لقطع اللوالب بذكور اللوالب بالاجزاء الكبيرة للماكينات التى يصعب وضعها على مائدة المثقاب الرأسى او يستحيل اطلاقا .

المثاقيب الافقية :

و تستعمل لفتح الثقوب ليس من جهة واحدة فقط للجزء و انما من جهتين او ثلاثة او اربعة ، و تقوم بفتح من ثقب واحد الى عشرات الثقوب . و بشكل (213، b) شكل عام تخطيطي لمثقاب افقى مع وضع رأسى للثقب 1، 2 .

المثاقيب العديدة المحاور :

و تستعمل فى الانتاج بالجملة و بمجموعات كبيرة، ولرفع انتاجية المثاقيب الرأسية الوحيدة المحور تركب عليها رؤوس ثقب كثيرة المحاور .



شكل رقم 213 ، انواع ماكينات الثقب :

a- المخطط الحركى لماكينة ثقب رأسية . b- ماكينة ثقب شعاعية .

1- القاعدة . 2- الساق. 3- العمود . 4- الذراع . 5– المحرك الكهربائى . 6- صندوق المحور . 7- المثقب . 8- الجزء المراد ثقبه .

c- ماكينة ثقب افقية .

5- ماكينات التفريز (الفرايز) و الاعمال التى تجرى عليها :

الغرض من هذه الماكينة هو القيام بمختلف الاعمال من تشغيل السطوح المستوية الى السطوح ذات الاشكال الفراغية (الوجهية) المختلفة .

و يستعمل التفريز وهو طريقة تشغيل المعادن بواسطة الة قاطعة دائرة كثيرة الحدود (الفريزة) على نطاق واسع بالصناعات الميكانيكية .

الفريزة :

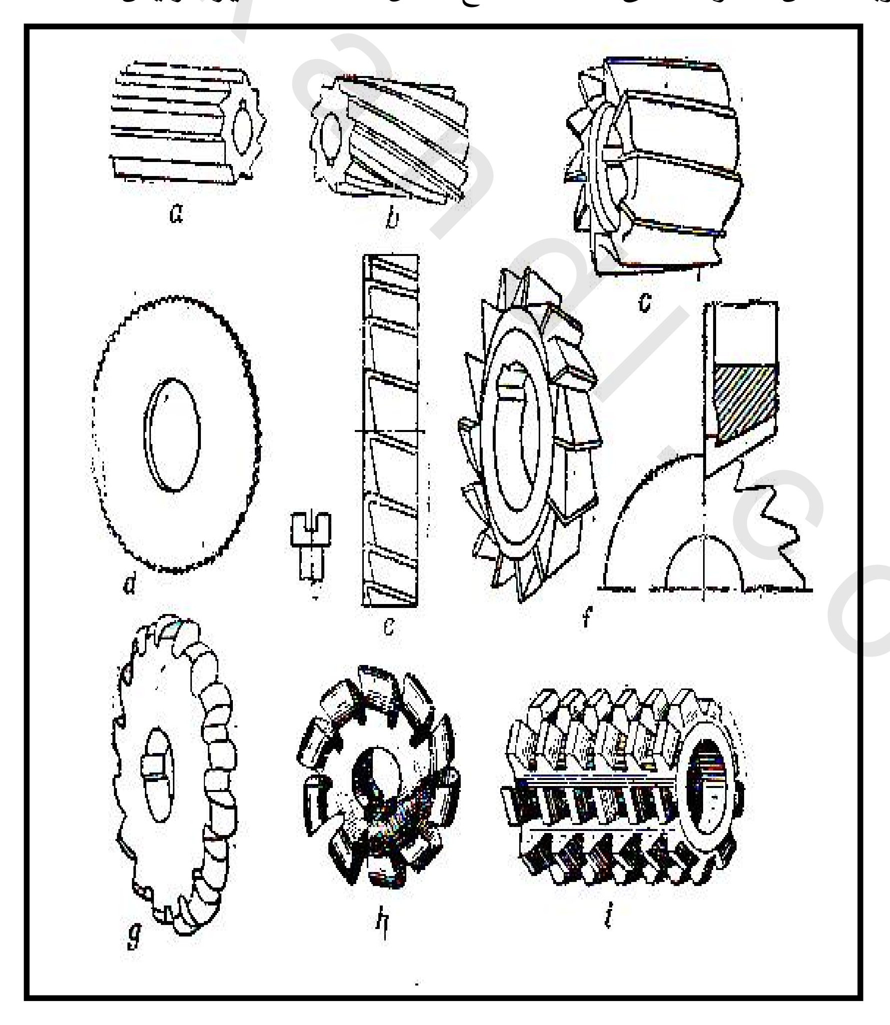
عبارة عن جسم دورانى على محيطه او على طرفه اسنان قاطعة و تسنع الفرايز حسب ظروف عملها من الصلب الكربونى او السبيكى او من الصلب السريع القطع، او تزود بلقم من الكاربيدات الصلبة او من الخزف المعدنى .

و تنقسم الفرايز حسب استعمالها الى اسطوانية و طرفية – لتشغيل المستويات، و قرصية و اصبعية – لتفريز المشقبيات و مشقبيات الخوابير، وجهية – لتفريز السطوح الوجهية، و فرايز خاصة – كفرايز قطع التروس و فرايز قطع اللوالب و غيرها .

الفرايز الاسطوانية :

(شكل 214، a) يمكن ان تكون الاسنان موازية للمحور او مائلة عليه حلزونية (شكل 214، b)، و فى الحالة الاولى يتغلغل كل سن فى الجزء المشغل مرة واحدة بكل طوله مما ينتج عنه عند العمل بالفرايز المستقيمة الاسنان صدمات تسئ الى ملامسة السطح المشغل، وتجعل مكنات التفريز تعمل بحمل متغير، و عمل الفرايز ذات الاسنان المائلة (الحلزونية) (شكل 214، b) اكثر سلاسة اذ ان اسنانها تتغلغل فى الجزء المشغل بالتدريج و يكون الحمل على المكنة اكثر تسوايا .

و تصنع الفرايز الاسطوانية للتشغيل الخشن بأسنان كبيرة وبعدد من القنوات على الحد القاطع لكل سنة لتكسير الرايش .



شكل رقم 214 ، انواع الفرايز

الفرايز الطرفية :

شكل (214 ، c) و لها اسنان على السطح الاسطوانى و على الطرف، وبفضلها تستطيع ان تعمل فى وقت واحد ليس بسطحها الجانبى فقط و انما بطرفها كذلك، ويمكن ان تصنع الفرايز الطرفية باسنان مركبة، وفى هذه الحالة يوفر صلب العدة الغالى الثمن، كما يمكن عند انكسار الاسنان ان نركب بدلا منها اسنان جديدة فى حين يستعمل البدن و يصنعه من صلب الماكينات لمدة طويلة .

الفرايز القرصية :

(شكل 214، e، d) و تستعمل لتفريز المشقبيات و هى اربعة انواع : فرايز مشقبيات و فرايز بوجهين و بثلاثة اوجه و فرايز يمكن ضبطها . و لفرايز المشقبيات (شكل 214، d) اسنان على سطحها الاسطوانى فقط .

اما الفرايز ذات الوجهين (شكل 214، e) فلها بالاضافة الى الاسنان الموجودة على السطح الاسطوانى اسنان على احد طرفيها . وبالفرايز ذات الثلاث اوجه اسنان على السطح الاسطوانى و على كل من الطرفين . و تتركب الفرايز القابلة للضبط من زوج من الفرايز ذات الزجهين، وتمتاز على الفرايز ذات الثلاثة اوجه بامكان عرضها الى القيمة المطلوبة بعد سنها باستعمال لينات ذات سمك مناسب . و يمكن

لتفريز مشقبيات الخوابير استعمال الفرايز الاصبعية الطرفية كذلك، وحدودها القاطعة بالطرف و على القنوات الحلزونية للساق .

الفرايز الزاوية :

(شكل 214، f) و تستعمل اساسا لقطع القنوات عند صناعة البراغل و الفرايز و بنط التوسيع و ذكور اللولب و تكون اما وحيدة الزاوية او ثنائية الزاوية .

الفرايز الوجهية :

(شكل 214، g) و تستعمل لتشغيل السطوح و المشقبيات و الربوزات الوجهية . و الشكل الجانبى لاسنان هذه الفرايز يتفق مع الشكل الجانبى للسطوح المشغلة .

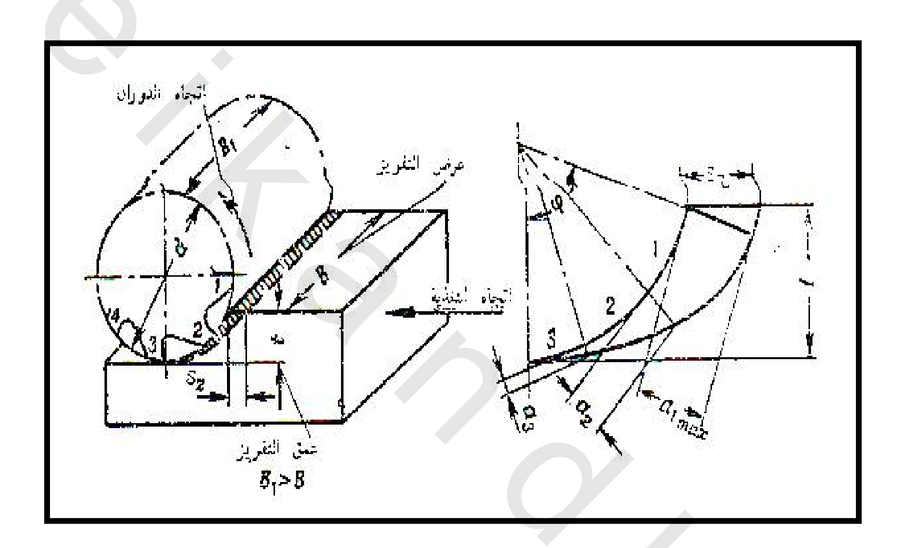
و لبعض الاعمال الخاصة كقطع التروس تستعمل الفرايز القصية الترسية (الموديولية) (شكل 214، h) و الفرايز الاصبعية و تعمل بطريقة النسخ و الفرايز الحلزونية (الهوب) (شكل 214، i) و تستعمل على ماكينات قطع التروس و تعمل بطريقة الدلفنة .

و يصحب عملية التفريز تشكل عجينى للطبقة المزالة و الطبقة التالية للسطح المشغل و تمتاز هذه العملية بانها تتم برايش رقيق .

و تستخدم فى الصناعة طريقتان لاجراء القطع عند التفريز :

1- التفريز ضد اتجاه التغذية عندما يكون اتجاه دوران الفريزة عكس اتجاه التغذية. 2- التفريز مع اتجاه التغذية، عدما يكون اتجاه دوران الفريزة هو نفس اتجاه التغذية و قد حظيت الطريقة الاولى بانتشار واسع (شكل 215) .

كما هو الحال من قلم المخروطة فبكل سن من اسنان الفريزة زواياه الاساسية : زاوية الجرف و زاوية الخلوص و زاوية الخلوص و زاوية الالة و زاوية القطع .



شكل رقم 215 ، رسم تخطيطى للتفريزة الاسطوانية

و العناصر الاساسية لعملية التفريز و للطبقة المزالة هى عمق التفريز و عرضه و سرعة التغذية و سمك الطبقة المزالة ز سرعة القطع و قوى القطع و القدرة المستهلكة و زمن التشغيل الاساسى .

عمق التفريز t :

و هو سمك الطبقة التى تزيلها اسنان الفريزة بكل مرة من مرات المرور .

عرض الفريزة B:

و هو عرض السطح المشغل فى الاتجاه الموازى لمحور الفريزة او العمودى على اتجاه التغذية .

التغذية :

و هى انتقال الجزء المشغل بالنسبة للحدود القاطعة للفريزة . ويفرق عند التفريز بين التغذية لكل سنة من اسنان الفريزة Sz مم/ سنة، والتغذية لكل دورة مندورات الفريزة S0 مم/لفة و التغذية فى الدقيقة Sm مم / دقيقة . و ترتبطهذه التغذييات بالمعادلة .

$$Sm = S0 . n = Sz . z. n$$ مم / الدقيقة

و تقطع الفريزة عند دورانها طبقة من المعدن بشكل حرف الراء، وكما يرى من شكل (215) فان سمك الطبقة المقكوعة a مم يتزايد تدريجيا، ويصل الى amax فى لحظة خروج السن من المعدن و يساوى Sz جا φ، حيث φ زاوية تلامس سن الفريزة مع المادة المشغلة ابتداء من بدء القطع حتى نهايته .

مساحة مقطع الطبقة f **مم2:**

التى يقطعها سن الفريزة فى اى لحظة تحدد بضرب عرض التفريز B مم فى سمك الطبقة المقطوعة a مم .

ومساحة مقطع الطبقة المقطوعة عند التفريز f مقدار متغير (شكل 215) و تصل الى حد ادنى فى لحظة بدء تغلغل السن فى المادة، وتبلغ حدها الاقصى فى لحظة خروج السن من المادة (فى حالة التفريز بواسطة فريزة اسطوانية مع التغذية عكس اتجاه دوران الفريزة) .

و يمكن ان يعمل فى وقت واحد سن او عدة اسنان من اسنان الفريزة حسب عمق التفريز t و عدد اسنان الفريزة . ففى الحالة المبينة بشكل (215) تعمل 3 من اسنان الفريزة فى وقت واحد . و تساوى مساحة مقطع الطبقات المقطوعة بواسطة الفريزة فى اى لحظة مجموعة مساحات مقاطع الطبقات التى تقطعها الاسنان الثلاثة 1 ، 2، 3 للفريزة . و فى اللحظة التالية لذلك يخرج السن الاول للفريزة من المعدن، فى حين لم يبدأ السن الرابع فى العمل بعد ، ويستمر فى القطع سنان فقط من اسنان الفريزة مما تقل معه فجأة مساحة مقطع الطبقة التى تقطعها الفريزة و تساوى مجموع مساحتى مقطع الطبقتين اللتين يزيلهما السنان 2,3 للفريزة . و بالتالى تنخفض قوة القطع الكلية و عزم الدوران الكلى على الفريزة (المحور) .

و هكذا فان قوة القطع الكلية Pz كجم و عزم الدوران الكلى M كجم/ مم عند التفريز مقادير متغيرةتتذبذب طول الوقت بين حد ادنى و حد اقصى مما يؤثر على احامال الفريزة و خواص السطح المشغل .

و تساوى القدرة Ncut كيلوات المستهلكة للتفريز حاصل ضرب عزم الدوران M فى عدد لفات الفريزة (المحور) n مقسومة على المقدار 1.36 × 716200 .

و لما كان عزم الدوران كما بينا سابقا مقدارا متغيرا ، فان القدرة بالتالى هى الاخرى مقدار نتغير، وتتذبذب طوالالوقت بين حد ادنى و حد اقصى .

و لكى يكون عمل الفريزة اكثر انتظاما و كذلك لتقليل الاهتزازات تجهز الفرايز الاسطوانية بأسنان حلزونية .

سرعة القطع V متر / الدقيقة :

و تساوى عند التفريز السرعة المحيطية للفريزة و تحسب من المعادلة (4) . و تختار سرعة القطع عد التفريز حسب المعدن المشغل و خواص مادة الفريزة و قطر الفريزة و عمق الفريزة و عرضه و التغذية لكل سن من اسنان الفريزة و الاحتمال القياسى المأخوذ به للفريزة و خواص سائل التبريد .

احتمال الفريزة :

و يؤخذ مساويا 3 – 4 ساعات و يتوقف على ثمنها و تنظيم السن و غير ذلك .

زمن التشغيل الاساسى t0 :

عند التفريز يساوى لك مرة من مرات المرور . حسب المعادلة التالية :

$$t0 = \frac{L}{S} = \frac{l + V1 + V2 + v3}{Sz \cdot z \cdot n} \text{ دقيقة}$$

حيث L – المسافة الكلية التى يتحركها الجزء، مم .

l– طول الجزء المفرز، مم .

Y1 – مسافة الاقتراب من الجزء، مم .

Y2 – مسافة تغلغل الفريزة، مم .

Y3 – مسافة تجاوز الجزء، مم .

Sz – التغذية مم/ سنة .

z – عدد اسنان الفريزة .

n – عدد لفات الفريزة (المحور) لفة / الدقيقة .

و عنـد تشـغيل المصـنوعات بـأنواع اخـرى مـن الفرايـز تختلـف ظـروف تحديـد بعـض عناصـر التفريـز حسـب خصـائص عمـل هـذه الفريزة .

ماكينات التفريز (الفرايز) :

و تنقسم الى فرايز افقية (معتادة و عامة) و فرايز رأسية و فرايز طولية و فرايز عربة و فرايز اسطوانية .

و بشكل (216) مبينة الخطوط الخارجية لفريزة افقية عامة من الطراز 6H80 و مخططها الحركى، و تتركب الفريزة من الاجزاء الاساسية التاليو : القاعدة 1 و البدن 2 و المائدة الكونسول 3 و عليها عربة المائدة العاملة و العربة العرضية، التى تتحرك على موجهات المائدة الكونسول و العارضة العلوية 4 و تستعمل لتثبيت حوامل 5 عمود الفرايزة . و من الناحية الخلفية للبدن 2 مركب محرك كهربائى بفلانشة 6 قدرته 7 كيلوات . و يدار المحور 7 بواسطة صندوق السرعات 8 المركب داخل البدن 2 بجزئه العلوى، و بالجزء السفلى الامامى للمائدة الكونسول 3 يكرب محرك كهربائى بفلانشة 9 قدرته 1.7 كيلوات، يقوم بتحريك المائدة الكونسول فى المستوى الرأسى و تحريك العربة العلوية للمائدة طوليا و العربة العرضية للمائدة عرضيا بواسطة صندوق سرعات التغذية 10 . ومن الرسم التخطيطي نرى ان المحور 7 يتلقى الدوران من المحرك الكهربائى، وقدرته 7 كيلوات و سرعة دورانه 1440 لفة / الدقيقة . خلال صندوق السرعات ذى 18 درجة للسرعة . ويجرى تغيير سرعة دوران المحور بتحريك مجموعات التروس ذات الاسنان 16 – 22 – 19 و 26 – 37 – 48 و 19 – 82 بصندوق السرعات . و تترواح سرعة دوران المحور فى الحدود من 30 – 1500 لفة / دقيقة .

و تتلقى تركيبة حركة التغذية الطولية و العرضية و الرأسية الحركة من المحرك الكهربائى ذى القدرة 1.7 كيلوات و سرعة

الدوران 1440 لفة/ الدقيقة خلال صندوق سرعات التغذية و به 18 درجة للسرعة ، ويجرى تغيير مقدار التغذية مم/ الدقيقة بتحريك التروس ذات الاسنان 18 – 36 – 27 و 34 – 40 – 37 الموجودة على العمودين VI و VIII .

و ينتقل الدوران من العمود VIII الى العمود IX بطريقتين : فى الحالة الاولى عند تحريك الترس الحر الحركة 40 الى اليمين و تعشيقه مع القابض الحدبى المثبت على العمود VIII فينتقل الدوران من العمود VIII مباشرة الى الترس العريض 40، المثبت على العمود IX كما هو مبين بالرسم .

و فى الحالة الثانية عند تحريك الترس 40 اللى اليسار و فك تعشيقه مع القابض الحدبى و تعشيقه مع القابض الحدبى و تعشيقه مع الترس 18 الموجود على العمود VII ، وهو جزء واحد من الترس 45 . وعندئذ ينتقل الدوران الى الترس العريض 40 من العمود VIII بواسطة التروس 13 – 45 و 18 – 40 و 40 – 40، وهكذا فان صندوق سرعات التغذية يعطى 18 سرعة مختلفة للترس العريض 40 و هذه السرعات يمكن عند تعشيق الترس 40 مع القتبض ان تنقل الى العمود IX، ومنه بواسطة التروس الموجودة بالمائدة الكونسول الى دوائر التغذية الطولية او العرضية او الرأسية .

و يتم تحريك المائدة طوليا و عرضيا و رأسيا بنفس الدوائر الحركية المتصلة بالقابض الاحتكاكى القرصى و يكون القابض الحدبى غير نتصل بالترس العريض 40، و فى هذه الحالة ينتقل الدوران من المحرك الكهربائى 9 الى العمود IX بواسطة التروس 26 – 44 (وتعشقان مع الترس 57) و 44 – 57 (المركب على العمود VIII و

الحـر الحركـة عليـه) و 57 – 43 (المثبـت علـى جلبـة القـابض) والقاتبض الاحتكاكى القرصى دون ان يمر بصندوق سرعات التغذية . ويستعمل العمود X لتحريك المائدة المستديرة التى يمكن وضعها على مائدة الفريزة .و بالاضافة الى الفرايز العامة توجد الفرايز الافقية المعتادة و تختلف عن الفرايز العامة بعدم دوران مائدتها فقط اما باقى اجزائها فهى متشابهة .

و تختلف الفرايز الرأسية عن الفرايز الافقية فى تصميم الجزء العلوى من البدن و فى الوضع الرأسى للمحور .

و الفرايز الطولية تصلح بوجه خاص لتشغيل الاجزاء الطويلة و العريضة و الثقيلة و تستعمل على نطاق واسع فى ظروف الانتاج بالجملة و بالمجموعات، و تتحرك عربة الفرايز الطولية حركة طولية فقط، وقد تكون الفرايز الطولية وحيدة او ثنائية او رابعية او سداسية المحاور .. الخ ، و يمكن على الفرايز من هذا النوع تفريز سطحين جانبين للجزء فى وقت واحد عندما تكون هذه السطوح على ارتفاع واحد او ارتفاعات مختلفة (شكل 217)، وكذلك تفريز 3 مستويات : اثنين جانبين و واحد افقى .

و تجرى عملية التفريز على الفرايز ذات المائدة دون انقطاع و تركب الاجزاء و تنتزع دون ايقاف الماكينة .

و تفرز المستويات على الفرايز بواسطة فرايز اسطوانية باسنان عدلة او حلزونية (شكل 218، a)، او فرايز طرفية (شكل 218، b) و تفرز المشقبيات و المنخفضات بواسطة فرايز قرصية (شكل 220) او فرايز اصبعية بالشكل الجانبى المطلوب . و تفرز المستويات الموجودةعلى ارتفاعات مختلفة بالجزء و السطوح الوجهية فى وقت واحد

بواسطة مجموعة من الفرايز تثبت على عمود يركب على محور الماكينة و يسند بحوامل العارضة العلوية .

و تستعمل لتثبيت الاجزاء على الفرايز مناجل ماكينة مختلفة الانواع، وتستعمل المناجل المتوازية (شكل 218، a) لتفريز المستويات و المشقبيات ز القنوات و غيرها ، و توجد بالاضافة الى المناجل المتوازية المعتادة مناجل متوازية دورانية تمتاز بوجود زهرتين سفلى و عليا ، و يمكن ادارة الزهرة العليا بالنسبة للزهرة السفلى بايزاوية ، وتستعمل لتثبيت الاجزاء الاسطوانية مناجل ذات فكين دورانيين بقوالب على شكل 7، وعند ادارة اللولب يضغط الفكان الدورانيان على الجزء تماما بوساطة القوالب بشكل 7 .

و يتطلب تفريز المشقبيات و القنوات و ذكور اللولب و منفضات التروس و قنوات الفرايز و البراغل و بنط التوسيع و المنشورات اجراء تقسيم الدائرة الى اجزاء . و يجرى تقسيم الدائرة الى اجزاء عند تفريز الاجزاء المذكورة بواسطة تركيبات التقسيم .و تنقسم تركيبات التقسيم الى تركيبات رؤوس التقسيم .

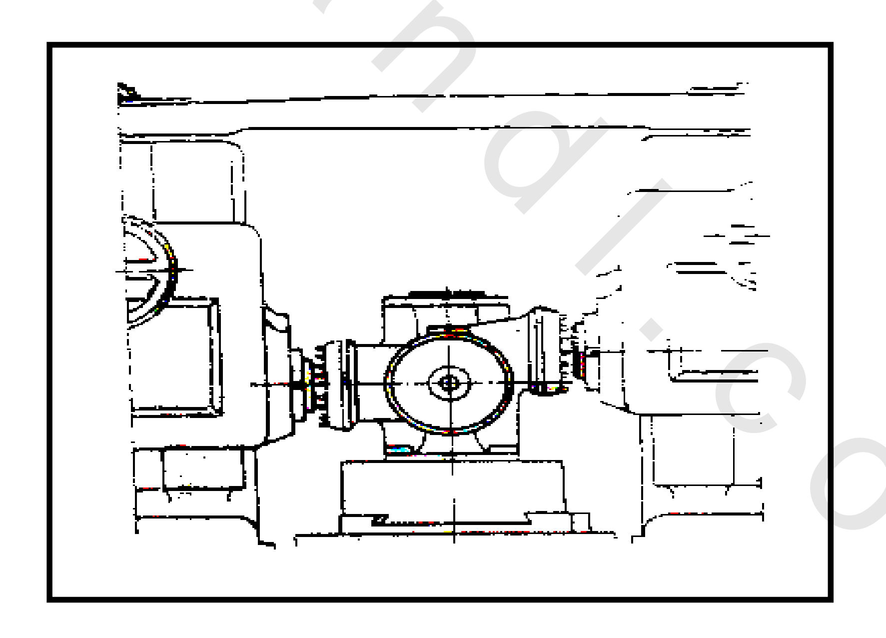
و تعمل تركيبات التقسيم بطريقة التقسيم المباشر، اى ان قرص التقسيم (او المنقلة) تركب مباشرة على محور تركيبة التقسيم، وفى هذه الحالة تساوى زاوية دوران القرص (او المنقلة) زاوية دوران الجزء المثبت بين ذنبتي تركيبة التقسيم و الغراب المتحرك المثبتين على مائدة الفريزة .

و تعمل رأس التقسيم بواسطة ترس دودة، اى ان قرص التقسيم فى هذه الحالة يثبت على عمود متعامد مع محور رأس التقسيم وبين هذين المحورين ترس دودة. وتمتاز رؤوس التقسيم بدقة اكبر لتقسيم

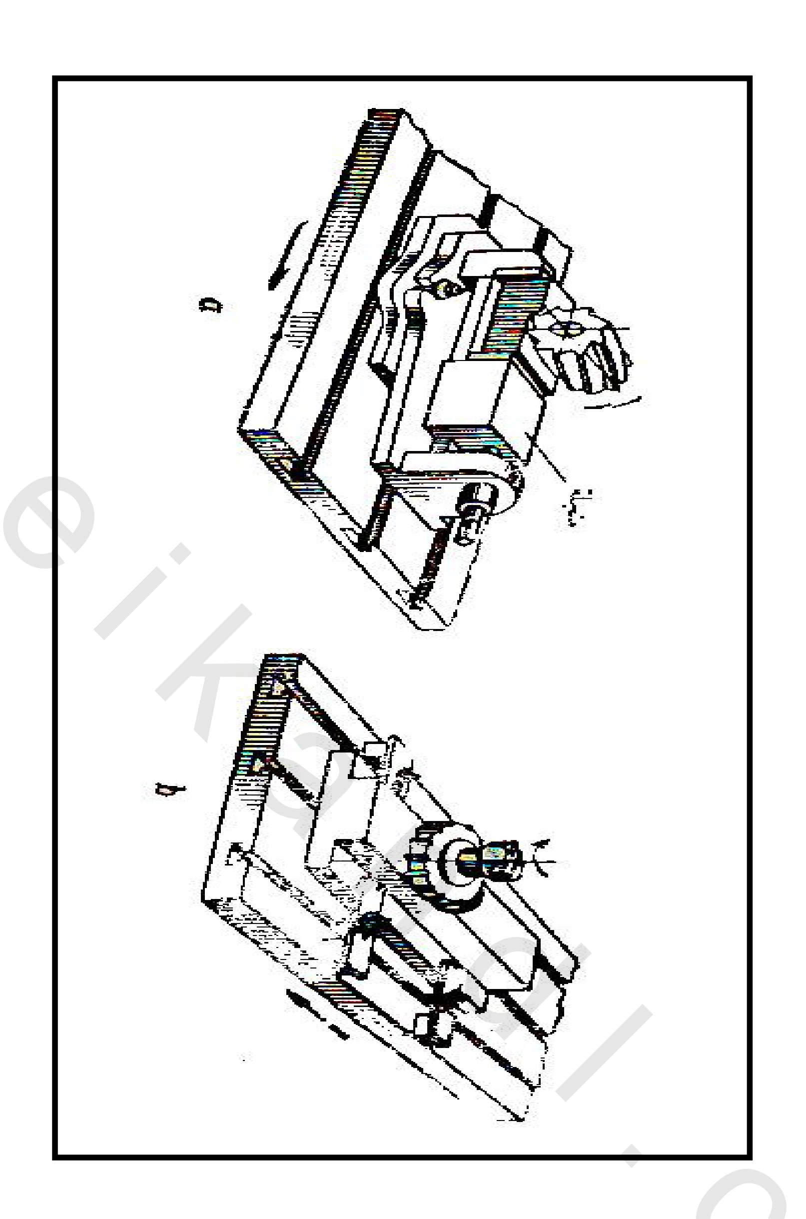
الدائرة الى اجزاء بالمقارنة بتركيبات التقسيم، واذا كان خطأ التقسيم بالقرص يقل فى رؤوس التقسيم بمقدار نسبة نقل الحركة بواسطة ترس الدودة . وكلما كان عدد ابواب الدودة اقل و عدد اسنان ترس الدودة اكبر برأس التقسيم كلما كانت دقة تقسيم الدائرة الى اجزاء اعلى، ويساوى عدد ابواب الدودة برؤوس التقسيم و عدد اسنان ترس الدودة 40 – 60 احيانا 80 .

و بشكل (219) على اليسار بينا تركيب رأس التقسيم العامة على مائدة الفريزة 2 وعلى اليمين غرابها المتحرك 3 . و يركب الجزء بين ذنبه 4 رأس التقسيم و ذنبه 5 الغراب المتحرك .

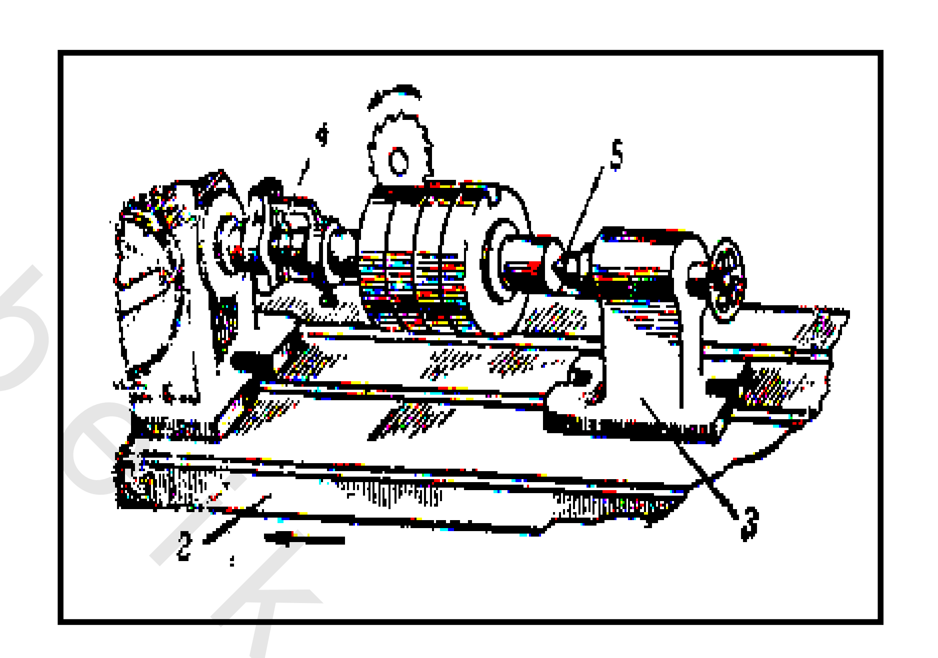
و يمكن اجراء التقسيم على رأس التقسيم بثلاثة طرق : بالطرقة المباشرة و بالطريقة البسيطة و بالطريقة الفرقية .



شكل رقم 217 ، رسم تخطيطى لتفريز الاسطح الجانبية



شكل رقم 218 ، تفريز المستويات



شكل رقم 219 ، تفريز المشقبيات بفريزة قرصية

و بشكل (220) رسم تخطيطي لرأس التقسيم العامة بمنقلة (بقرص) .

طريقة التقسيم المباشر :

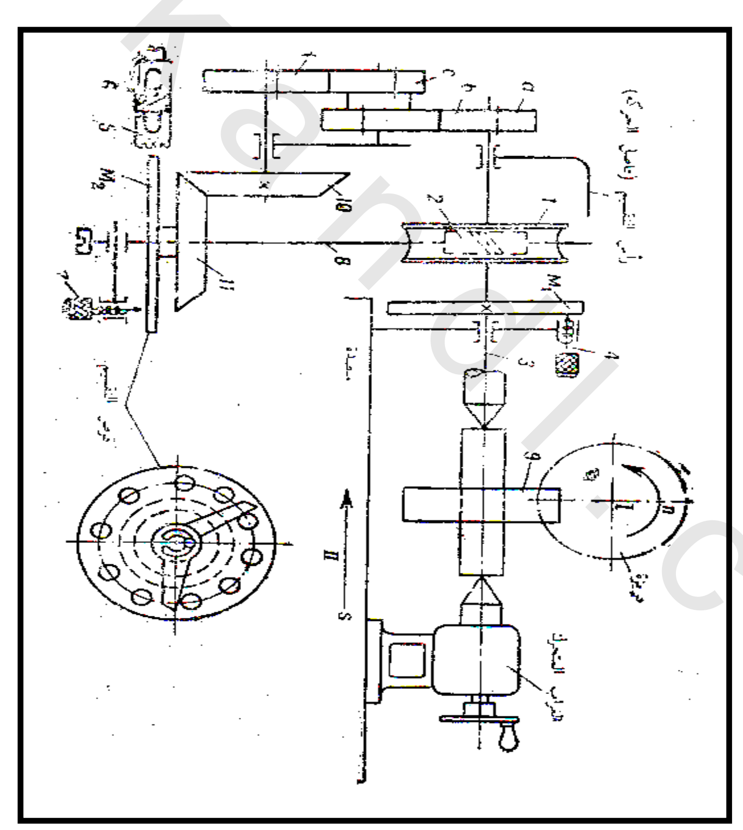
(شكل220) و تتلخص فى ان ترس الدودة 1 يفك تعشيقه بالدودة 2 و لا تعشق التروس المتغيرة a,b,c,d و فى هذه الحالة يجرى التقسيم بادارة القرص M1 المثبت على المحور 3 بالنسبة الى المسمار 4 بعدد معين من الثوقب A التى يجب ادارة القرص M1 بها عدد الثقوب B على محيط القرص M1 مقسوما على Zd – و هو عدد الاجزاء المطلوب تقسيم محيط الجزء اليه، اى ان :

$$A = B / Zd \qquad (19)$$

و تستعمل هـذه الطريقـة للتقسـيم (و هـى اقـل دقـة مـن الطـرق الاخرى) عند تفريز القضبان المنشورية و قنوات ذكور اللولب و البراغل

طريقة التقسيم البسيط:

(شـكل 220) و هـى مبنيـة علـى تعشـيق الـدودة 2 مـع تـرس الـدودة 1 ، ويرفـع بهـذه الطريقـة المسـمار 4 عـن ثقـوب القـرص M1 و لا تعشق التروس المتغيرة a.b.c.d . و يثبت قـرص التقسـيم M2 – وبـه عـدد مـن الـدوائر مـن الثقـوب – بواسـطة الخوصـة 5 و المسـمار 6 . و فـى هـذه الحالة يدار الجزء بعد تفريز كـل منخفض (او قنـاة مشـقبية) بواسـطة اليد 7



شكل رقم 220 ، رسم تخطيطي لرأس التقسيم العامة .

و ينتقل الدوران من اليد 7 بواسطة العمود 8 و الدودة 2 و ترس الدودة 1 الى المحور 3 و عليه الجزء 9 . و يساوى عدد الثقوب A الذى يجب ادارة اليد بالنسبة الى القرص M2 به حاصل ضرب اسنان ترس الدودة Z1 فى عدد ثقوب B الدائرة المختارة على القرص M2 مقسوما على العدد Zd المطلوب تقسيم محيط الجزء اليه، اى ان :

$$A = (z1 \;.\; b) \;/\; Zd \qquad (20)$$

و تستعمل هذه الطريقة للتقسيم للاجزاء الاكثر دقة .

طريقة التقسيم الفرقى :

(شكل 220) و تتلخص فى ان الدودة 2تعشق مع ترس الدودة 1 و يبعد المسمار 4 عن القرص M1 و تعشق التروس المتغيرة a,b,c,d فيما بينها و تفكخوصة التثبيت 5 من القرص M2 . و فى هذه الحالة يدار الجزء بعد تفريز كل من القنوات (او المشقبيات) بواسطة اليد 7 . و ينتقل الدوران من اليد 7 بواسطة العمود 8 و الدودة 2 و ترس الدودة 2 الى المحور 3 و عليه الجزء 9 .و فى نفس الوقت الذى يدور فيه الجزء 9 يدور القرص M2 بواسطة التروس المتغيرة a,b,c,d و الترسين 10,11 . و يمكن ان يدور القرص M2 فى نفس اتجاه دوران اليد او عكسه . و يتوقف دوران القرص M2 فى هذا االتجاه او ذاك على العدد Zx المأخوذ لاختيار احدى الدوائر على القرص M2 عند ضبط رأس التقسيم .

و تستعمل هذه الطريقة للتقسيم عندما لا يمكن تقسيم الجزء الى العدد المطلوب من الاجزاء Zd بطريقة التقسيم البسيط، اى عندما لا نستطيع اختيار العدد B لثقوب دائرة القرص . و فى هذه الاحوال تستخدم طريقة التقسيم الفرقى، فيؤخذ عدد ثقوب دائرة

القرص B على القرص M2 بحيث يعطى عددا للاجزاء Zx قريبا من العدد Zd المطلوب تقسيم محيط الجزء اليه، و بحيث تكون احدى دوائر القرص M2 تحتوى على هذا العدد من الثوقب B . و يصحح الفرق المسموح به بين العدد المطلوب Zd و العدد الناتج Zx بواسطة التروس المتغيرة a,b,c,d التى تقوم بادارة القرص M2 .

و يدار القرص M2 فى حالة ما يكون عدد الاجزاء Zx الناتج عند استعمال الدائرة ذات B من الثقوب اكبر من العدد المطلوب Zx للاجزاء فى نفس اتجاه دوران اليد 7 بمقدار بسيط بحيث تكون حركة اليد النهائية فى الفراغ اقل من حركتها بالنسبة للقرص بمقدار يعوض الخطأ الناتج فى حالة التقسيم الى العدد Zx مباشرة مع ثبات القرص، واذا كان عدد الاجزاء المأخوذ Zxاقل من العدد المطلوب للاجزاء Zd بالجزء فان القرص M2 يجب ان يتحرك فى عكس اتجاه دوران اليد 7 .

و يساوى عدد الثقوب A الذى يجب ادارة اليد 7 بالنسبة الى القرص M2 به حاصل ضرب عدد اسنان ترس الدودة Z1 فى عدد ثقوب الدائرة B المأخوذة على القرص M2 مقسوما على عدد الاجزاء الشرطى المأخوذ Zx اى ان :

$$A = (Z1 \cdot B) / Zx \qquad (21)$$

و لتصحيح الفرق الناتج تؤخذ التروس المتغيرة a,b,c,d يحبث تكون نسبة نقل الحركة بواسطتها مساوية لحاصل ضرب عدد اسنان ترس الدودة Z1 فى الفرق بين عدد الاجزاء Zx المأخوذ لاختيار المحيط علىالقرص M2 اى ان :

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{Z1\,(Zx - Zd)}{Zx} \qquad (22)$$

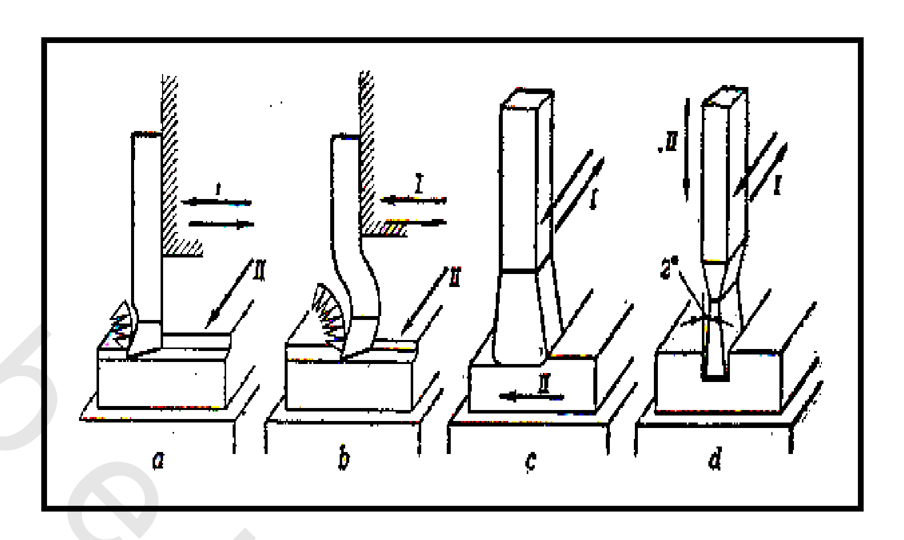
و تضمن الحركة الكلية لليد 7 و القرصM2 فى هذه الحالة الحصول على العدد المطلوب للاجزاء Zd . و يمكن تفريز القنوات الحلزونية عند صنع البنط و بنط التوسيع و البراغل على ماكينات التفريز الافقية العامة باستعمال رؤوس التقسيم . و لتفريز الخط الحلزونى (القناة) يتلقى الجزء المشغل فى آن واحد حركتين : حركة دورانية و حركة ترددية متفقتان فيما بينهما كما فىحالة قطع الوالب (شكل 211)، و تجرى الحركة الترددية بواسطة تحريك مائدة الفريزة فى الاتجاه الطولى و الحركة الدورانية بادارة محور رأس التقسيم مع الجزء من عمود اللولب بالمائدة الطولية بواسطة التروس المتغيرة a,b,c,d (و تعشق بين لولب المائدةو رأس التقسيم) و الترسين 10، 11 و الترسين الدودين 1,2 ، وتساوى نسبة نقلالحركة بواسطة التروس المتغيرة حاصل ضرب عدد اسنان ترس الدودة 1 فى خطوة عمود اللولب للمائدة مقسوما على خطوة الخط اللولبى بالجزء المشغل، وتدار المائدة الطولية بزاوية ظلها يساوى طول محيط الجزء مقسوما على خطوة الخط اللولبى بالجزء المشغل .

6- **المكاشط** :

تستعمل المكاشط لتشغيل السطوح المستوية و الواجهية و لفتح المشقبيات المستقيمة بالاجزاء بواسطة قلم المكسطة .

و تختلف المكاشط عن المخارط و المثاقيب و الفرايز فى ان حركة القطع به (الحركة الرئيسية) حركة ترددية مستقيمة، وتجرى بها التغذية بشكل دورى قبل كل مشوار عامل للتمساح او العربة .

و العمل على المكاشط تصحبه صدمات تنتج باول كل مشوار عامل و تكون هذه الصدمات اقوى كلما كانت المادة المشغلة اكثر صلادة، وكلما كان مقطع الطبقة المقطوعة و سرعة القطع اكبر. وتسبب الصدمات الناشئة بعملية التشغيل على المكاشط انكسار الاقلام الكاشطة . و لهذا نضطر لزيادة مقاسات اقلام المكشطة بالنسبة لاقلام المخرطة و للعمل بسرعات اقل للقطع . و بالاضافة الى ذلك فان قوى القصور الذاتى الناشئة بالاجزاء المتحركة من الماكينة (العربة والتمساح) تعتبر عائقا يمنع استخدام السرعات الكبيرة للقطع . (و بشكل 221) بينا الاشكال الاساسية للاقلام المستعملة على المكاشط . و اقلام كشط المرور قد تكون مستقيمة (شكل 221، a) او معوجة (عنق الاوزة) (شكل 221، b) . و تستعمل عند كشط التنعيم اقلام عريضة مرنة (شكل 221، c) تقطع طبقة رقيقة من المعدن بتغذية كبيرة، وتشبه اقلام الفصل بالمكشطة (شكل 221، d) اقلام الفصل بالخراطة، ولها حد قاطع ضيق لتقليل المعدن المفقود عند القطع، ولتقليل الحمل الذى يتعرض له قلم الفصل تجعل زاوية القطه به كبيرة . و هناك اشكال اخرى كثيرة لاقلام الكشط تتوقف على طبيعة العمل الذى تقوم به – اقلام جانبية و للمشقبيات و واجهية و غيرها .



شكل رقم 221 ، اقلام المكشطة

و تتم ازالة الطبقة المقطوعة من المعدن عند العمل على المكاشط خلال المشوار العامل فقط، و المشوار الراجع مشوار عاطل ويؤدى هذا الى ضياع وقت كبير، ولتقليل هذا الوقت الضائع تجعل السرعة عند المشوار الراجع 1.5 – 3 اضعاف سرعة المشوار العامل، ويبرد قلم الكشط نتيجة لتقطع عمله اثناء المشوار الراجع، و لذلك تنتفى الحاجة الى تبريد القلم بالماء . و شكل مقطع الطبقة المقطوعة عند الكشط مثل شكل مقطع الرايش عند الخراطة، يتوقف على شكل الحد الرئيسى و نتيجة لذلك فان عناصر طبقة المعدن المقطوعة تظل كما هى فى حالة الخراطة . و يسمى مقدار تغلغل القلم فى الجزء (شكل 187 ، d) فى كل مرور له بعمق المقطع و يرمز له بالحرف t مم.

التغذية S مم/ مش . مز :

و هى حركة الجزء او الالة عرضيا بكل مشوار مزدوج اى فى فترة المشوارين العامل و الراجع، وتجرى التغذية عادة فى نهاية المشوار الراجع عندما يكون القلم غير محملبالطبقة المقطوعة من المعدن .

وتساوى مساحة مقطع الرايش f مم2، كما فى الخراطة، حاصل ضرب عمق القطع t فى التغذية S .

سرعة القطع :

و هـى مقـدار ثابـت تقريبـا خـلال المشـوار العامـل بمكاشـط العربة، اى ان :

$$V = n . L (1 + m) / 1000 \qquad (23)$$

حيث n – عدد مشاوير العربة المزدوجة فى الدقيقة .

L – طول مشوار العربة، مم .

m – نسبة سرعة المشوار العامل الى سرعة المشوار العاطل .

و سرعة القطع على المكاشط النطاحة ذات النقل الكوليسي للحركـة المـتغيرة، وفـى هـذه الحالـة تسـمى بسـرعة القطـع السـرعة المتوسـطة للمشـوار العامـل للتمسـاح و القلـم ، كمـا ان النسـبة m بالمكاشط النطاحة مقدار متغير و تختلف باختلاف طول مشوار التمساح L مـم . تتخـذ النسـبة m اكـبر قيمـة لهـا عنـدما يكـون طـول المشـوار للتمسـاح اصغر مـا يكـون، وتتخـذ اصـغر قيمـة لهـا عنـدمايكون طـول المشوار اكبر مايكون .

وقت التشغيل الاساسى :

فى اعمال الكشط و يساوى لكل مشوار :

$$t0 = B / (n . s) \qquad (24)$$

حيث B – الطول الكلى لمشوار القلم بالمكاشط النطاحة او العربة (بمكاشط العربة) فى اتجاه التغذية .

n – عدد المشاوير المزدوجة فى الدقيقة .

S – التغذية .

$$B = b + y1 + y2$$

b – عرض الجزء .

y1 ، y2 - مسافة اقتراب و تجاوز القلم .

القوى الناشئة عند الكشط:

(شكل 187) و هى مشابهة لقوى القطع عند الخراطة، و تؤثر القوة Pz فى اتجاه الحركة الرئيسية ، و القوة Py فى اتجاه عمودى علىالسطح المشغل و القوة Px فى اتجاه التغذية .

القدرة المستهلكة للقطع :

و تساوى : $$Ncut = (Pz . Vpx) / (60 . 10^2) \quad (25)$$

حيث Pz – مركبة قوة القطع فى اتجاه الحركة الرئيسية .

Vpx – سرعة القطع .

و لما كانت سرعة التمساح بالمشوار العامل تختلف على طول المشوار الواحد فان القدرة المستهلكة للكشط او القدرة المستهلكة على التمساح (او القلم) تتغير كذلك لو كانت قوة القطع Pz ثابتة .

و يعمل المحرك الكهربائى للماكينة بحمل متغير نتيجة لتغير القدرة عند التمساح و تساوى قدرة المحرك الكهربائى .

$$Nm = Ncut / \eta \quad (26)$$

حيث Ncut - القدرة عند القلم .

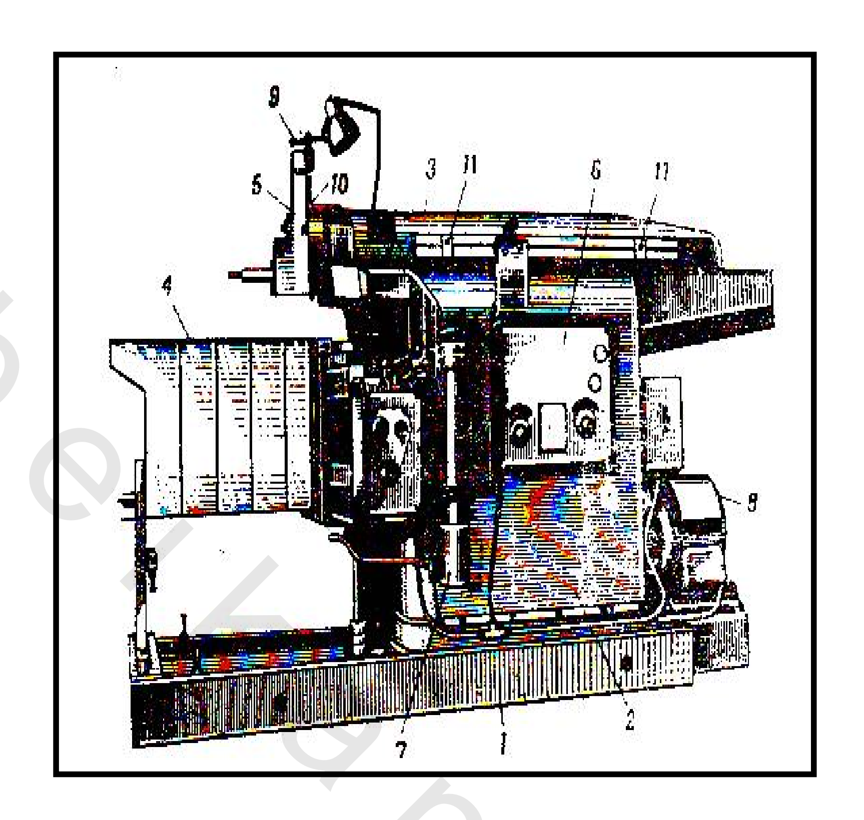
η – كفاية الماكينة (عادة 0.65 – 0.75، وفى المتوسط – 0.7)

المكاشط:

تنقسم الى مكاشط نطاحة و مكاشط عربة و مكاشط رأسية (شكل 222) شكل عام لمكشطة نطاحة هيدروليكية من الطراز 737، و تتركب المكشطة من الاقعدة 1 و البدن 2 و الاسطوانة و التمساح 3 و المائدة 4 و حامل الالة 5 و التركيبة الهيدروليكية 6 و صندوق السرعات، والتغذية 7 و المحرك الكهربائى 8 . و بدن المكشطة عبارة عن جسم صندوقى الشكل مثبت على القاعدة . و يثب الويت للتركيبة الهيدروليكية داخل البدن الذى بنقسم الى جزئين بواسطة ضلع .

و بالمكشطة تركيبة هيدروليكية لتحريك التمساح و تغذية هيدرويليكة للمائدة عند كل مشوار مزدوج للتمسح، كمايجرى تحريك المائدة بسرعة فى الاتجاهيين الافقى و الرأسى بواسطة محرك كهربائى منفصل قليل القدرة .

و يمكن بالاضافة الى التحريك الميكانيكي للمائدة تحريكها يدويا فى الاتجاهين الافقى و الرأسى، و يتغير اتجاه حركة التمساح بتشغيل صمام مكبسى بضبط المسندين 11 الموضوعين على التمساح 3، ويتم بواسطة المسندين 11 كذلك التحكم فى طول شموار التمساح و منطقة الكشط، ويمكن تغيير سرعة القطع و التغذية بالمكشطة تغييرا تدريجيا .



شكل رقم 222 ، مكشطة نطاحة

وتتغير السرعة العاملة للتمساح فى الحدود من 30 – 37 متر/ دقيقة . عند استعمال طلمبات سعتها 50 – 100 لتر / دقيقة و تتراوح تذغية المائدة لكل مشوار مزدوج للتمساح من 0 الى 50 مم .

و يستعمل التحريك الرأسى لحامل الالة 5 وبه القلم لضبط عمق المقطع و يمكن ادارة الحامل بزاوية حول محور افقى لكشط المستويات المائلة ، وبعض المكاشط تغذية ميكانيكية للحامل 5 .

و تجرى التغذية عند كشط السطوح المائلة يدويا بادارة اليد 9 و اللولب و يثبت الجزء المشغل على المائدة مباشرة او بمنجلة ماكينة (شكل 223، a) .

و تسمح التركيبات الهيدروليكية المستعملة فة الوقت الحاضر بتالمكاشط للحصول على عمل اكثر انتظاما و زيادة سرعة القطع نوعا بالمقارنة مع تركيبات كوليسية .

و تستعمل مكاشط العربة لتشغيل مختلف الاجزاء ذات السطزح المستوية، و على سبيل المثال لتشغيل موجهات ماكينات القطع المختلفة و الماكينات بطول الكشط يصل الى 12 متر او اكثر و بعرض للكشط يصل الى 4 امتار .

و تختلف مكاشط العربة عن المكاشط النطاحة بقيام العربة بالحركة الرئيسية (الترددية المستقيمة) فى حين تقوم الحوامل و عليها الاقلام بحركة التغذية دوريا.

و تنقسم مكاشط العربة الى مكاشط وحيدة القائم و ثنائية القائم بعدد من حوامل الالات من 1 – 4 .

و تستعمل المكاشط الرأسية لتشغيل السطوح المستوية و الوجهية و القنوات و مشقبيات الخوابير بصور التروس و الطارات . و تشبه المكشطة الرأسية المكاشط النطاحة و الفرق الوحيد بينهما هو ان التمساح الذى يحمل القلم يتحرك فى الاتجاه الرأسى و ليس الافقى كما فى المكاشط النطاحة .

7- **ماكينات التجليخ و الاعمال التى تجرى عليها** :

و تستعمل ماكينات التجليخ لعمليات التشطيب التى تضمن دقى عالية للمقاسات و ملامسة جيدة للسطوح المشغلة . و التجليخ وتجليخ الاسطوانات بالهون تعد ادق عمليات تشغيل الاجزاء على ماكينات القطع . و الانتاج العصرى للماكينات المبنى على مبدأ تبادلية

اجزاءها يستحيل بدون استعمال التجليخ و عمليات التحضين، و تصل نسبة ماكينات التجليخ فى الانتاج الميكانيكى الحديث الى 10 ٪ واحيانا 20 ٪ او اكثر من مجموع ماكينات القطع المستعملة، و قد اصبح ممكنا فى بعض الاحوال نتيجة لتسحن تكنولوجا ورش التجهيز و تقليل علاوات التشغيل انتشغل الاجزاء مباشرة على ماكينات التجليخ دون تشغيل اولى على الات الورش الاخرى. و تستعمل كآلات قاتطعة عند التجليخ احجار الجلخ المستديرة و المربعة و الصنفرة .

و تجرى عملية القطع عند التجليخ بواسطة حجر جلخ يدور بانتظام و بسرعة كبيرة، يقرب اليه السطح الجارى تشغيله بالجزء، وتقطع حبيبات حجر الجلخ من الجزء رايشا دقيقا جدا مما يجعل السطح المشغل عالى الخواص فيما يتعلق بملامسة السطح و دقته .

و تقطع فى عملية التجليخ بكل مرور للحجر علاوة قدرها 0.005 – 0.5 مم .

سرعة القطع :

و تساوى عند التجليخ السرعة المحيطية للحجر بالامتار فى الثانية، وتكون سرعة احجار الجل حسب خواص المادة المجلخة و تقاس بالـ متر / ثانية عادة، تؤخذ عند التجليخ السريع من 50 – 80 متر / ثانية، و تساوى السرعة المحيطية لحجر الجلخ (شكل 223)

$$V = \pi Dk\, n / 60 \,.\, 10^2 \quad (27)$$ متر /دقيقة

حيث Dk – قطر حجر الجلخ، مم .

n – عدد لفات الحجر فى الدقيقة .

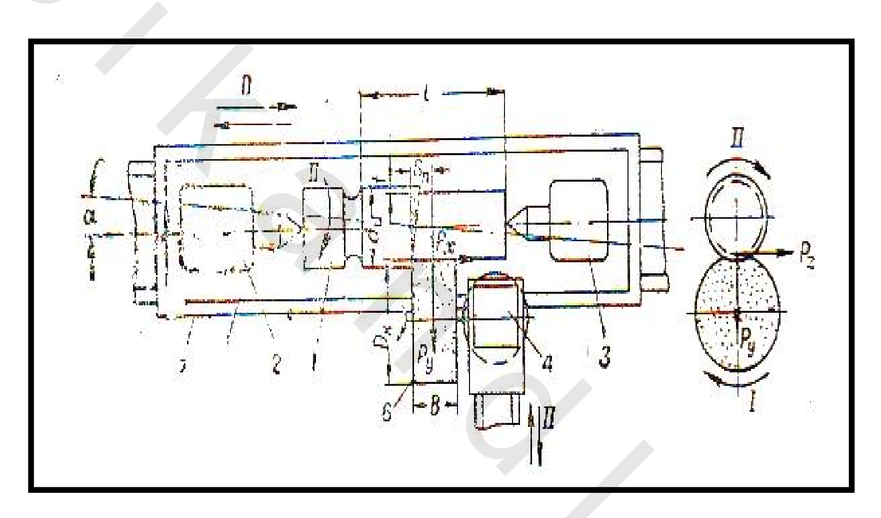
وتساوى سرعة دوران الجزء (او التغذية الدائرية) :

متر/ دقيقة $\quad$ $(28) \quad Vd = \pi\, dd \,.\, nd \;/\; 1000$

حيث dd – قطر الجزء، مم .

nd – عدد لفات الجزء فى الدقيقة .

و تؤخذ السرعة المحيطية لدوران الجزء عند التشغيل الاولى Vd = 20 – 60 متر/الدقيقة و عند التشغيلب النهائى Vd = 2 – 4 متر/ الدقيقة .



شكل رقم 223 ، تركيب الجزء على ماكينة التجليخ عند التجليخ الخارجى

و يسمى سمك طبقة المعدن المزالة بكل مشوار مزدوج بواسطة حجر الجلخ بعمق المقطع عند التجليخ و يقاس بالملليمترات . و يساوى عمق القطع t عند التجليخ :

$$t = (d1 - d2) / 2 \quad \text{مم}$$

حيث d1، d2 قطرا الجزء قبل و بعد التجليخ، مم .

و احيانا يسمى عمق القطع t بالتغذية العرضية لحجر الجلخ بكل مشوار مزدوج له . و تؤخذ قيمة t مساوية 0.005 – 0.09 مم/مش. مز حتى يمكن قطع علاوة مقدارها h مم فى h/t من المرات.

و تسمى حركة الحجر (و احيانا الجزء) باتجاه محور الجزء لكل لفة من لفات الجزء بالتغذية الطولية Sn حسب عرض حجر الجلخ B مم، بحيث تكون

$$Sn = (0.3 / 0.6) B$$

و تؤثر على الجزء المشغل و الحجر فى عملية التجليخ قوة كلية للقطع R مماثلة لقوة القطع الكلية عند الخراطة و يمكن تحليلها الى ثلاثة مركبات القوة المماسية (المحيطية) Pz و القوة الشعاعية المؤثرة فى اتجاه نصف قطر الحجر Py و القوة المحورية او قوة التغذية Px (شكل223) .

و تستعمل المركبات Px,Py,Pz للحساب لتحديد عزم الادارة و القدرة عند محور الحجر و محور الجزء و جساءة النظام الماكينة – الجزء – الالة و قدرة تركيبة التغذية عند التجليخ .

و تخلق القوة المماسية Pz عزم الدوران M على محورى حجر الجلخ و الجزء و تتوقف على مقدارها القدرة المستهلكة عند التجليخ .

و تتغلب تركيبة التغ ية بماكينة التجليخ على القوة Px المؤثرة فى اتجاه محور الحجر و الجزء، و تزيد القوة الشعاعية Py على القوة المماسية Pz فى المقدار (و تقدر بـ 1.5 – 3 اضعاف لها) و تؤدى معها الى انثناء الجزء المشغل و محور الماكينة .

القدرة المستهلكة لادارة محور حجر الجلخ Nmd :

قدرة المحرك الكهربائى تساوى :

$$Nmd = Pz . Vdisk / 102\eta \quad KW \quad (29)$$

حيث Pz – قوة القطع المماسية، كجم .

Vdisk - السرعة المحيطية للحجر، متر/ ثانية .

η - كفاية تركيبة التحريك بالماكينة ، $\eta = 0.75 / 0.80$

القدرة المستهلكة لادارة الجزء Nm :

قدرة المحرك الكهربائى و تساوى :

$$Nm = Pz . Vd / 60 . 10^2\eta \quad KW \quad (30)$$

حيث Vd – سرعة دوران الجزء متر / الدقيقة .

η – كفاية تركيب التحريك بالماكينة، $\eta = 0.8 / 0.85$

و يجب ان نذكر ان القدرة المبذولة لادارة الجزء عند التجليخ صغيرة جدا بالنسبة الى القدرة المستهلكة لادارة حجر الجلخ اذ ان سرعة دوران حجر الجلخ تساوى نحو 60 – 120 ضعفا لسرعة دوران الجزء .

و يجرى اختيار السرعة المحيطية المسموح بها لحجر الجلخ حسب خواص المادة المشغلة و صلادة الحجر و ظروف عملية التجليخ و تؤثر سرعة دوران الحجر على احتماله (زمن العمل بينتقويمين للحجر) .

و يتآكل الحجر فى عملية التجليخ و تآكل حدوده القاطعة و يفقد شكله الاول و تمتلأ مسامه بالرايش، و المقصود منتآكل الحجر هو كلل الحبيبات القاطعة و انتزاعها من السطح العامل للحجر، فاذا لم تنتزع الحبيبات الكليلة الحدود منالسطح العامل و امتلأت مسامه

بالرايش وبدا الحجر فى تكسير السطح المجلخ و احراقه، فهنا يجب تقويم الحجر، و الغرض من تقويم الحجر هو ازالة الحبيبات الكليلة الحدود و يجرى باستعمال مواد صلدة (كالماس و الخزف المعدنى و غيرهما) و كذلك بواسطة مساحيق تزيل الطبقة الخارجية الرقيقة من على الحجر التى امتلأت بالرايش وبالحبيبات القاطعة الثالمة و المحطمة .

و تستعمل مواد اخرى لتقويم احجار الجلخ بدلا من الماس باعتباره من المواد الثمينة، و تستعمل لتقويم الحجر عند التجليخ الوجهى الدقيق اقلام ماسية معدنية تثبت فيها حبيبات الماس بواسطة سبيكة من(الولفرام 70 – 80 ٪ نحاس، 28 – 19 ٪ الومنيوم نحو 1.5 ٪) و فى بعض حالات التجليخ الدقيق يستبدل الماس باقراص من الكاربيد الصلد من السبائك BK6، BK3 و اقراص من الصلب ملحوم على سطحها حبيبات من الكاربيد الصلد . و قد حظيت الاقراص الخزفية – المعدنية A، A3 المستعملة لتقويم احجار التجليخ و التى تنتجها الصناعة السوفييتية بانتشار كبير .

و تستعمل بالاعمال الاقل دقة و لتقويم احجار الجلخ الكبيرة الحبيبات الات تتركب من عدد التروس المسننة (الترترة) مركبة على محور واحد .

وقت التشغيل الاساسى :

عند العمل على ماكينات التجليخ يحدد بنفس الطريقة كما فى الطرق الاخرى لتشغيل المعادن بالقطع . فعند التجليخ الاسطوانى الخالاجى بتغذية طولية Sn و تغذية عرضية يساوى الوقت الاساسى للتشغيل (شكل 223) .

$$t0 = l \cdot h \cdot k / (nd \cdot Sn \cdot t) \quad (31)$$ دقيقة

حيث

l – طول الجزء المجلخ (مع احتساب مسافة اقتراب الحجر و ابتعاده)

h – علاوة التشغيل .

K – معامل مشاوير تجليخ التنعيم .

nd – عدد لفات الجزء فى الدقيقة .

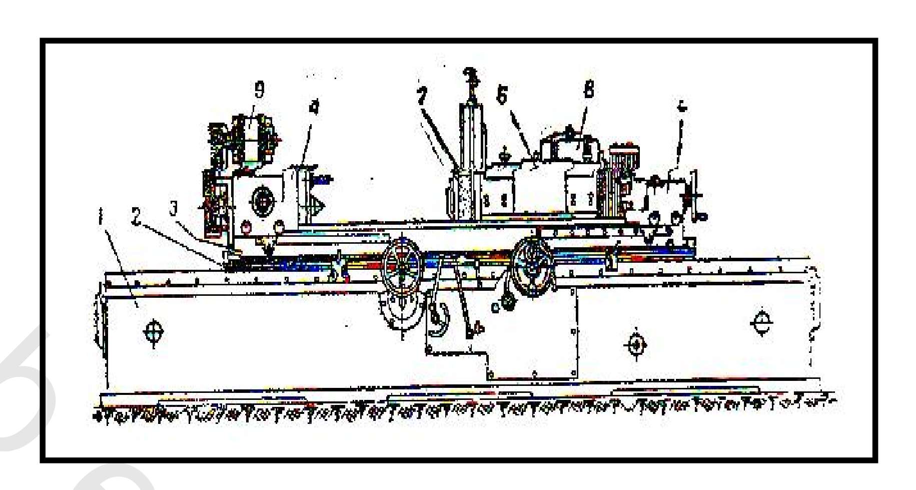
Sn – التغذية الطولية لكل لفة من لفات الجزء .

t – عمق القطع او التغذية العرضية .

و يحسب زمن التشغيل الاساسى بالاشكال الاخرى للتجليخ بطريقة مشابهة لما سبق مع اعتبار خصائص كل نوع من انواع التشغيل .

ماكينات التجليخ :

و تنقسم حسب طريقة التجليخ الى ماكينات للتجليخ الاسطوانى الخارجى و تجليخ الاسطوانات و المخروطات و السطوح الطرفية من الخارج و ماكينات النتجليخ الاسطوانى الداخلى و تستعمل لتجليخ الثقوب الاسطوانية و المخروطية من الداخل، وماكنيات التجليخ المستوى لتجليخ المستويات و ماكينات التجليخ العديمة لذنبة لتجليخ الاعمدة و الصمامات و البنز دون تثبيتها يسن ذنبتين و ماكينات التجليخ الخاصة (لتجليخ اعمدة الكامات و اعمدة المرفق بالمحركات) و غيرها من الماكينات التى تعمل بمواد التجليخ (لماكينات السن و التلميع و التحصين) .



شكل رقم 224 ، ماكينة تجليخ اسطوانى

و بشكل (224) شكل عام لماكينة تجليخ و تتركب الماكينة من الاجزاء الاساسية التالية :

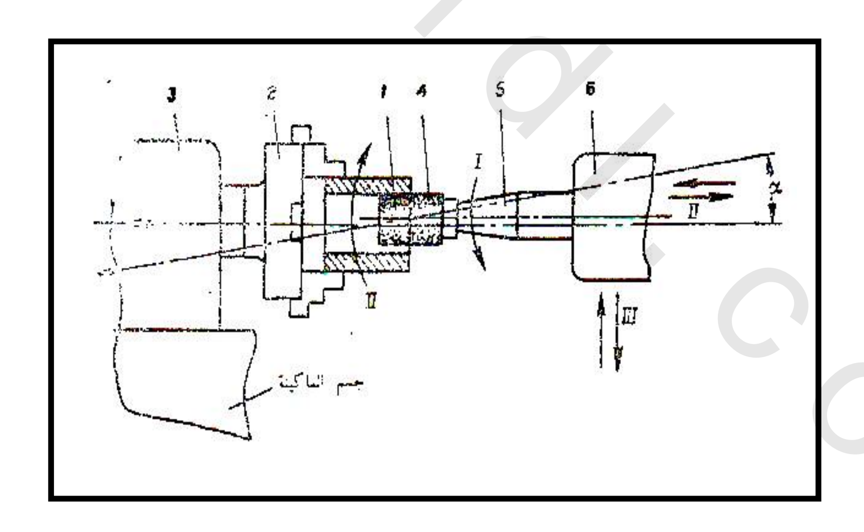
بدن جسئ 1 صندوقى المقطع و الجزء السفلى للعربة 2

و الجزء العلوى الدائر للعربة 3 و غراب الرأس(الثابت) 4 و غراب الذيل (المتحرك) 5 و غراب حجر الجلخ 6 و حجر الجلخ 7 و المحركين الكهربائيين 8 ، والمستعمل لادارة الحجر 9 و يدبر الجزء .

و يركب الجزء 1 عند تجليخ السطوح الاسطوانية (شكل 223) بين ذنبى الغراب الثابت 2 و الغراب المتحرك 3 ، و يقرب غراب حجر الجلخ 4 مع الحجر 5 الى الجزء المشغل بمقدار الطبقة المقكوعة بكل مرور t . و يتلقى حجر الجلخ 5الدوران فى حين تتحرك العربة 6 مع القاعدة 7 حركة طولية بالنسبة لحجر الجلخ 5 . و يتلقى غراب حجر الجلخ 4 و عليه الحجر 5 حركة عرضية بعد كل مرور للعربة 6 مقدارها t ، حتى يتم تجليخ العلاوة h على الجزء المشغل .

و عند تجليخ السطوح المخروطية يدار الجزء العلوى للعربة 6 و عليه الغراب الثابت 2 و الغراب المتحرك 3 وبين ذنبتيهما يركب الجزء 1 – يدار بالزاوية المطلوبة α بالنسبة الى قاعدة العربة 7 و عندئذ يتكون عند دوران الحجر 5 و حركة العربة 6 سطح مخروطى . ويمكن بماكينات التجليخ العامة ادارة غرب حجر الجلخ بمقدار 360°.

و عند العمل على ماكينات التجليخ الداخلى (شكل 225) يدور الجزء 1 المثبت فى ظرف بلقم 2 مع محور الغراب الثابت 3، فى حين يدور حجر الجلخ 4 المثبت على محور 5 بسرعة 30 متر / الثانية تقريبا حول محوره، وبالاضافة الى الحركات المذكورة فان المحور 5 و معه غراب حجر الجلخ 6 يتحرك حركة ترددية مستقيمة فى اتجاه محور الجزء و حركة عرضية دورية بمقدار عمق القطع t بعد كل مرور، وينتج عن الحركات المذكورة الموفقة فيما بينها تجليخ الثقوب الاسطوانية من الداخل .



شكل رقم 225 ، رسم تخطيطي لعمل ماكينة التجليخ الداخلى

و عند تجليخ السطوح المخروطية الداخلية يجب ادارة الغراب الثابت 3 بزاوية α بالنسبة لمحور الحجر، و عندئذ نحصل عند حركة الجزء الحجر و غراب حجر الجلخ بنفس الطريقة المذكورة اعلاه فى ثقب مخروطى زاوية ميله α° .

و عند تجليخ الثقوب بالاجزاء الكبيرة (مكابس المحركات و الماكينات البخارية) التى يصعب ادارتها تستعمل ماكينات لتجليخ الداخلى ذات حركة كوكبية لمحور حجر الجلخ، وفى هذه الحالة يثبت الجزء على مائدة الماكينة و يقوم محور غراب حجر الجلخ و عليه الحجر بحركة دورانية حول محوره (حركة القطع) فى نفس الوقت يدور ببطءحول محور الجزء الجارى تجليخه (حركة التغذية الدائرية) وبالاضافة الى هاتين الحركتين يتحرك محور غراب حجر الجلخ وعليه الحجر حركة ترددية مستقيمة موازية لمحور الجزء وحركة دورية عرضية (شعاعية) تغير لا مركزيته بالنسبة الى جزء بمقدار عمق القطع t مم، وبهذه بطريقة يتم تجليخ الثقب حتى المطلوب .

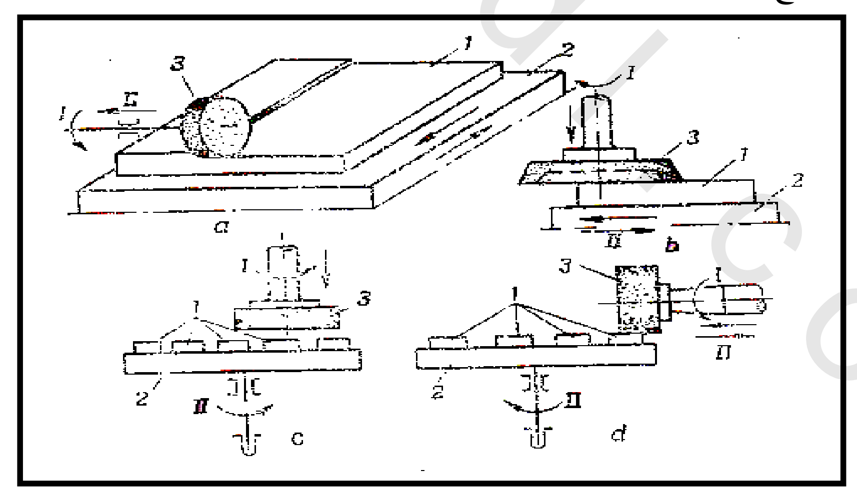
و يجرى التجليخ المستوى بطريقتين : تجريك الاجزاء حركة ترددية مستقيمة او بتحريكها حركة دائرية .

و فى الحالة الاولى تثبت الاجزاء الجارى تجليخها 1 (شكل 226، a) على مائدة 2 الماكينة، وتحرك حركة ترددية مستقيمة . فى حين يدور حجر الجلخ 3، وكذلك يتحرك بعد كل مشوار مزدوج للمائدة 2، حركة عرضية (فى اتجاه محور الحجر) . و تستعمل لهذه الاعمال ماكينات تجليخ مستوى ذات وضع افقى لحجر الجلخ و حركة طولية للمائدة . و تستعمل هذه الماكينات للتجليخ المستوى للاجزاء المثبتة على سطح المائدة الاساسية او مائدة مغناطيسية . و يجرى تحريك المائدة

طوليا و غراب التجليخ عرضيا بواسطة نظام هيدروليكى للتحكم بتغيير تدريجى للتغذية .

و يعطى شكل (226، b) صورة لمبدأ عمل ماكينات التجليخ ذات المحور الرأسى لحجر الجلخ، وفى هذه الحالة يجرى التجليخ بواسطة السطح الطرفى لحجر جلخ طبقى، ويدور حجر الجلخ 3 و يتحرك رأسيا الى اسفل، اما الجزء 1 و المائدة 2 فتتحركان حركة ترددية مستقيمة فى الاتجاه الافقى .

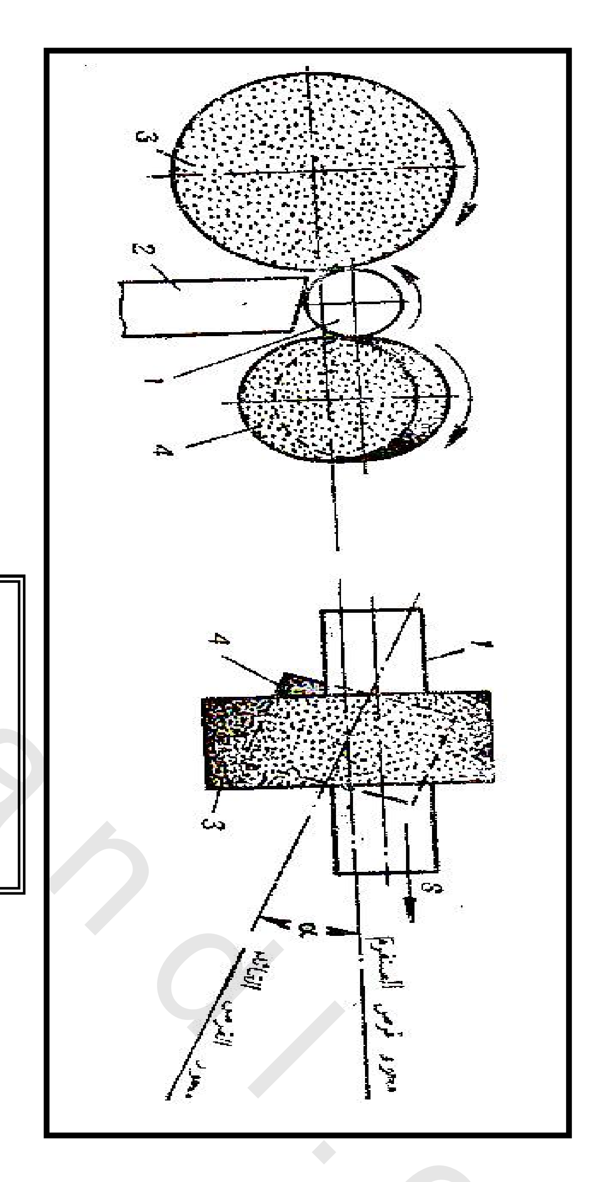
و قد بينا بشكل (226، c، d) التجليخ بادارة الاجزاء (ماكينات التجليخ المستمرة العمل) . و تحرك به الاجزاء 1 (شكل 226، c) المثبتة على المائدة المستديرة 2 حركة دورانية حول محور رأسى . و يتحرك حجر الجلخ 3 و يعطىشكل (226، d) صورة لمبدأ عمل ماكينة التجليخ المستوى ذات المائدة المستديرة الدائرة 2 و المحور الافقى لمحور الجلخ (قرص الصنفرة) 3 . و يدور حجر الجلخ 3 حول محوره، وتتحرك رأس التجليخ حركة ترددية مستقيمة تشبه حركة التمساح بالمكشطة النطاحة .



شكل رقم 226 ، رسم تخطيطي لعمل ماكينات التجليخ المستوى

و تستعمل ماكيناتالتجليخ العديمة الذنبة على نطاق واسع بمصانع الانتاجبالجملة و بمجموعات كبيرة لتجليخ مختلف الاجزاء الاسطوانية . و يمتاز التجليخ اللاذنبى بان الجزء 1 المراد تجليخه يوضع حرا على حد 2 بين حجرين تجليخ يدوران فى اتجاه واحد (شكل227) . و يدور الحجر 3 (المجلخ) بسرعة محيطية نحو 30 متر/ الثانية و يقوم بعملية القطع، فى حين يدور الحجر 4 (القائد) ببطء بسرعة 15 – 25 متر/ الدقيقة . و يتلخص عمل الحجر القائد فى ابطاء حركة الجزء المجلخ تحت تأثير الحجر المجلخ .

فاذا ادير محور الحجر القائد بزاوية α بالنسبة الى محور الحجر المجلخ فان الجزء الاسطوانى (العمود او بنز المكبس) يتلقى بالاضافة الى الحركة الدورانية حركة انتقالية فى الاتجاه الطولى (التجليخ النافذ) بتغذية مقدارها S مم/ الدقيقة . اما اذا كان محور الحجر للاجزاء (الصدمات و الاعمدة المدرجة) التى لا يسمح شكلها بالتجليخ النافذ .



شكل رقم 227 ، رسم تخطيطي لعمل ماكينة التجليخ عديمة الذنبة

و عند التجليخ النافذ تغذى الاجزاء كم احد جانبى الحجر المجلخ، فتخرج جاهزة من ناحية اخرى، وفى هذه الحالة تؤخذ الزاوية α بين محورى الحجر المجلخ و الحجر القائد فى الحدود من 1.5 – 3.0 °، وكلما زادت التغذية الطولية، اى سرعة الحركة الطولية للجزء بين الحجرين 3، 4 .





الباب الثلاثون

مفهوم التشغيل بالبرادة



1- **معلومات اساسية** :

المقصود باعمال البرادة هو التشغيل اليدوى للمعادن بالقطع، وبالرغم من تطور التشغيل الميكانيكى للمعادن بالقطع على ماكينات القطع فان التشغيل اليدوى للمعادن بالبرادة يستعمل فى بعض الاحوال وخاصة عند تجميع و اصلاح الماكينات و الاجهزة و اجزائها المختلفة . وتنقسم اعمال البرادة الى اعمال البرادة الاساسية و اعمال التجميع واعمال الاصلاح .

اعمال البرادة الاساسية :

و تجرى بغرض اعطاء الجزء المشغل الشكل و المقاسات و ملامسة السطح و دقة التشغيل المبينة على الرسم، ويتوقف حسن القايم باعمال البرادة على خبرة و مهارة البراد و الادوات التى يستعملها و المادة المشغلة .

اعمال التجميع :

و تجرى عند تجميع المجموعات من اجزائها المنفصلة وعند تجميع الماكينات و الاجهزة الكاملة من مجموعات اجزائها .

اعمال الاصلاح :

و الغرض منها الاحتفاظ بقدرة المعدات على العمل، وتتلخص فى اصلاح او تغيير الاجزاء المتآكلة او التالفة بالماكينات .

و تنقسم اعمال البرادة الى العمليات الاساسية التالية : الشنكرة، و القطع بالاجنة و تقويم المعدنو تقطيع المعدن و النشر و الكشط (التلقيط) و التحضين و تشغيل الثقوب (الثقب و توسيع

الثقوب و تشغيلها بالبراغل) و قطع اللوالب و التجليخ اليدوى و التلميع (بالصنفرة) و الثنى و البرشمة و التركيب بالكبس و لحام القصدير والقصدرة و اللحام بالقوس . و عند اعمال التجميع و الاصلاح : عمليات التشطيب و ضبط مقاسات الاجزاء و المجموعات المجمعة مع ضبطها ومراجعة سلامة عمل الاليات و الماكينات و الاجهزة .

و تسمى جميع هذه العمليات بالعمليات الاساسية للبرادة، ويجب على البرادة مهما كان تخصصه ان يتقنها جيدا ، وتستعمل اعمال البرادة فى جميع فروع الصناعة و خاصة فى الصناعات الميكانيكية .

2- العمليات الاساسية للتشغيل بالبرادة :

سنشرح باختصار طبيعة و الغرض من العمليات الاساسية للتشغيل بالبرادة

الشنكرة :

و تجرى لتحديد حدود تشغيل المصنوعة . و الشنكرة هى رسم الخطوط و النقط التى تحدد المحاور و الخطوط الخارجية للجزء حسب الرسم على المصنوعة المشغلة او المادة المراد تشغيلها .

و تتلخص القواعد الاساسية للشنكرة فى ضرورة وضع الخامة الجارى شنكرتها على زهرة الشنكرة المستقرة ذات السطح الافقى تماما المشغل بدقة . و يمكن عند عدم وجود زهرة شنكرة استعمال اى زهرة اخرى ذاتسطح نظيف مكشوط او مجاخ تسمح مقاساته بوضع الخامة و ادوات الشنكرة عليه . و يجب ان تكون جميع الخطوط و النقط المرسومة عند الشنكرة واضحة . و لهذا الغرض تغطى السطوح الجاري سنكرتها بطلاء ملون و ابيض، وكثيرا ما يستعمل لهذا الغرض

الطباشير المذاب حتى يكون كثيف كقطعة من الطباشير المعتاد او فليط من كباشير و التربنتين، او محلول لكبريتات النحاس الزرقاء او لاكيهات مختلفة غامقة (عند الشنكرة الدقيقة جدا) .

و ادوات الشنكرة هى المساطر المدرجة و المساطر المشطوفة، والمناقل و البراجل و الشنكار و غيرها .

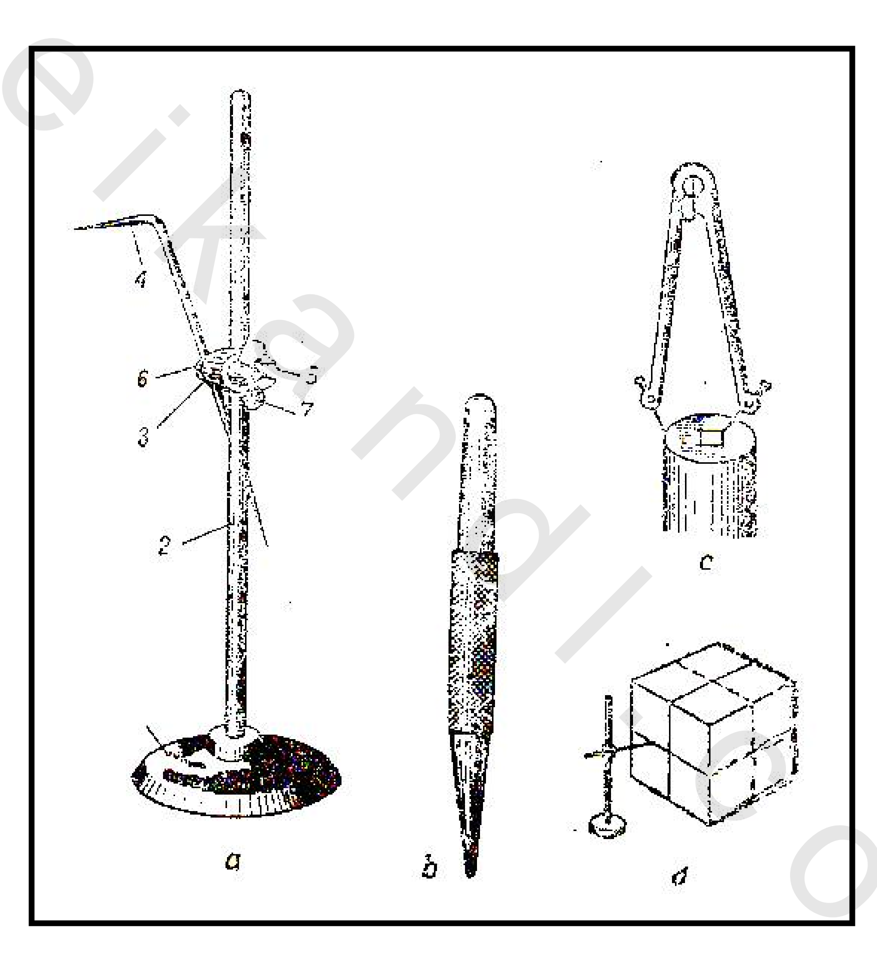
و بشكل (228، a) حامل للشنكار يستعمل لرسم الخطوط عند شنكرة الاجزاء، ويمكن تحريك الحامل 3 بالنسبة للقائم 2 و تثبيته فى اى وضع بواسطة المسمار الى القائم 2 بواسطته الصامولة المجنحة 7 . و يمكن تحريك حامل الشنكار على قاعدته 1 على زهرة الشنكار لرسم الخطوط المطلوبة بالشركة 4 على الخامة .

و بشكل (228، b) شنكار لدق علامات قليلة العمق على الخطوط حتى يمكن اعادة رسمها لو مسحت .

و تستعمل للشنكرة ادوات اخرى، مثل البراجل (شكل 228، c) و المساطر المدرجة الرأسية و حامل الشنكار بورنية، ويستعمل لتثبيت الخامات على زهرة الشنكرة عفاريت لولبية صغيرة و لينات وخوابير و قامطات صغيرة و مكعبات و قوالب بشكل 7 .

و بشكل (228 ، c , d) بينا امثلة للشنكرة لتحديد المركز و تقسيم المكعب الى الاجزاء المتساوية، فلتحديد المركز على طرف الخامة (شكل 228، c) يجب طلاء السطح بالطباشير و اخذ البرجل و فتح ساقيه بمسافة اكبر بقليل من نصف قطر الخامة و بضغط احد ساقى البرجل الى محيط الخامة فى ثلاث او اربعة نقط ترسم بالساق الاخرى اقواس صغيرة على طرف الخامة، ثم تدق بواسطة الشنكار

والشاكوش علامة فى منتصف هذه الاقواس تحدد مكان المركز واشنكرة مكعب (شكل 228، d) يجب طلاء السطح المشنكر وضبط حامل الشنكار بواسطة التدريج الرأسى على نصف ارتفاع المكعب، ثم يرسم بواسطة الحامل خط افقى على سطح المكعب، ثم يدار المكعب 90 ° و يرسم على سطحه خط افقى اخر عمودى على الاول .



شكل رقم 228 ، ادوات الشنكرة

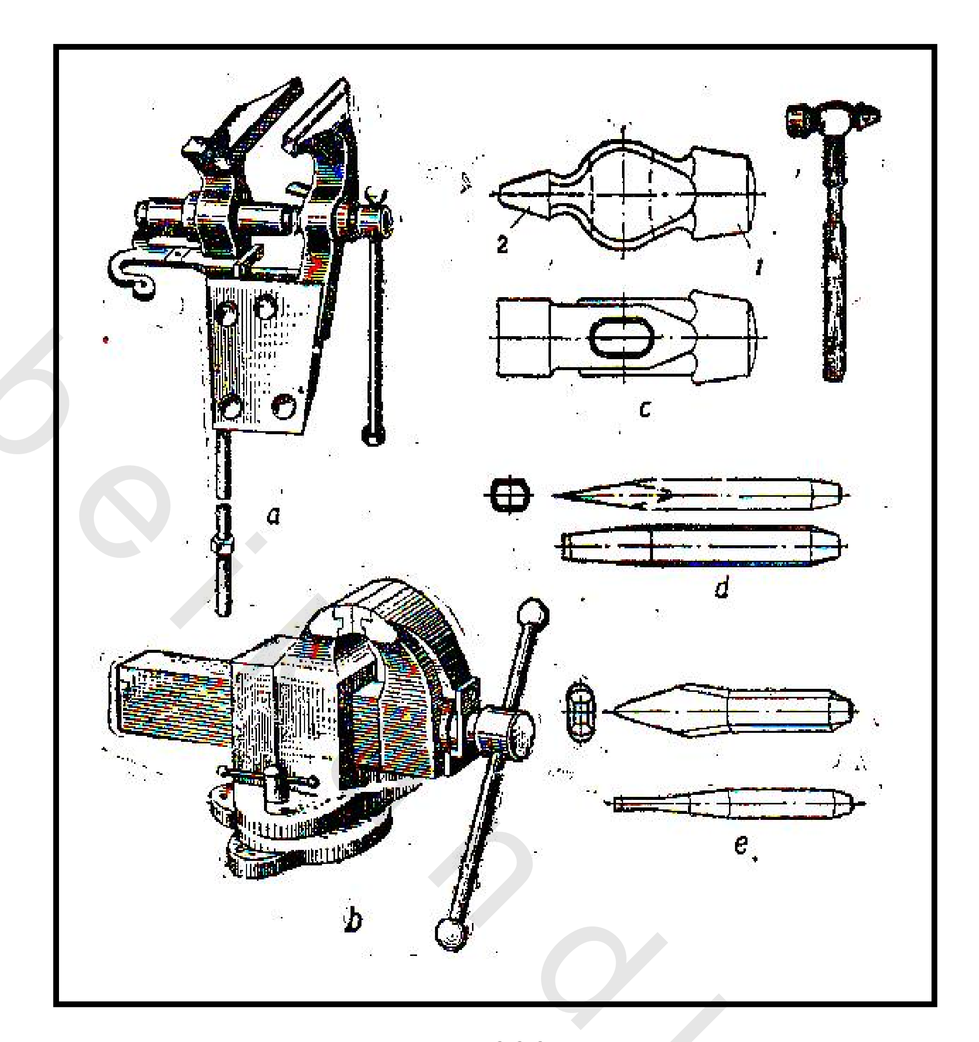
القطع بالاجنة :

و هو عملية ازالة طبقة سميكة من المعدن من على الجزء بواسطة ادوات خاصة – الاجنة العريضة و اجنة المشقبيات .

و من الافضل ازالة الطبقات السميكة من المعدن بواسطة ماكينات القطع و الالات القاطعة . و لكننا نضطر فى بعض الحالات الخاصة الى ازالة طبقة كبيرة من المعدن يدويا بالقطع بالاجنة عندما يكون استعمال التشغيل الميكانيكى غير مرغوب فيه او يصعب اجراؤه فى ظروف العمل .

و يستعمل القطع بالاجنة للتسوية الخشنة لسطوح الاجزاء المسبوكة و المطروقة و الملحومة و لفتح مشقبيات الخوابير و قنوات التزييت و لتقطيع الخامات الى اجزاء. و يمكن اجراء القطع على زهرة او منجلة نجارة او على منجلة البرادة، كما يمكن اجراءه مباشرة بالاجزاء البدنية الكبيرة .

و تستعمل منجلة البرادة لتثبيت الاجزاء المشغلة او الخامات عند القيام بعمليات البرادة المختلفة و تعد اهم تجهيزات البرادة . و تستعمل للاعمال الخشنة منجلة حائطية او منجلة نجارة (شكل 229، a) . و تعتبر المناجل المتوازية و الدائرة اكثر دقة وراحة فى الاستعمال (شكل 229، b) .



شكل رقم 229 ، ادوات البرادة

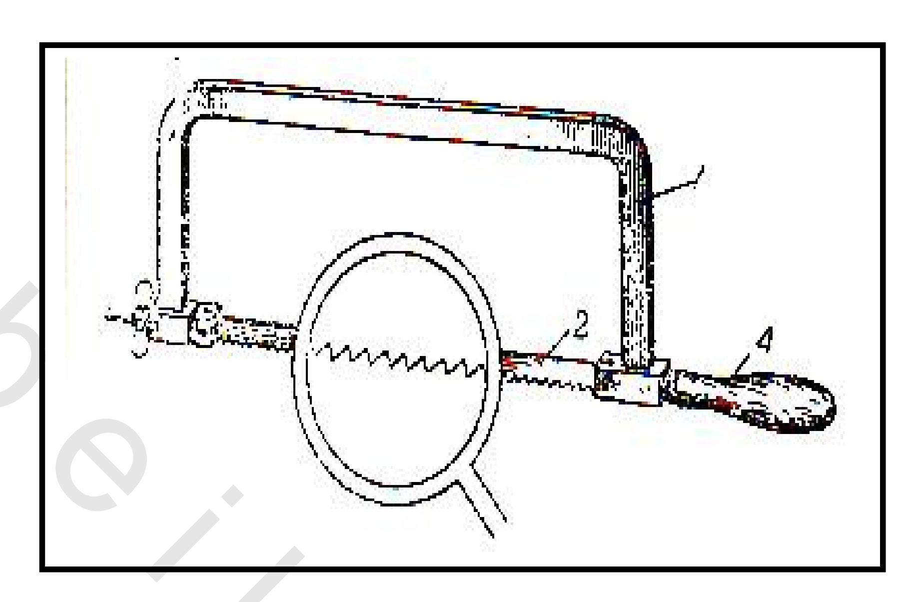
و بهذه المناجل يظل الفكان متوازيين عند فتحهما ، فى حين يميل فكا المناجل الحائطية عند فتحهما على بعضهما بزاوية ما نتيجة لخاصية تصميمها . و آلات القطع هى الاجنة و اجنة المشقبيات والشاكوش، وتصنع شواكيش البرادة (شكل 229، c) من الصلب الكربونى (المحتوى على 0.65 – 0.70 ٪ من الكربون) و تعامل معاملة حرارية و يسمى جزء الشاكوش الذى يتم بواسطته الطرق برأس الشاكوش، وبالشاكوش رأسان رأس مستديرة 1 و رأس مبططة 2 .

والرأس المبططة2 ذات شكل خابورى، اما الرأس السفلى فهى مستديرة الشكل (وتكون احيانا مربعة) .

تستعمل الاجنة (شكل 229، d) لقطع المعدن و تصنع من صلب العدة الكربونى المحتوى على 0.6 – 0.8 ٪ كربون . و يسن حد الاجنة بزاوية 70° لقطع الزهر و البرونز و زاوية 60 ° لقطع الصلب الطرى و بزاوية 45 ° لقطع النحاس الاصفر و النحاس الاحمر، وبزاوية 35 ° لقطع الزنك (و الالومنيوم و الدورال)، و تستعمل اجنة المشقبيات (شكل 229، e) لفتح المشقبيات للخوابير و قنوات التزييت و غيرها من المشقبيات و لقطع مسامير البرشام و للقطع المبدئى قبل استعمال الاجنة العريضة . و يصل عرض الحد القاطع للاجنة الى ضعفى عرض الحد القاطع لاجنة المشقبيات تقريبا .

تقطيع المعدن :

و يستعمل للحصول على خامات الاجزاء المشغلة، ويمكن اجراء التقيع بطريقتين: بازالة طبقة من المعدن تتحول الى رايش يدويا بواسطة المنشار او على الة من الات الورش بواسطة القلم او بمنشار قرصى .. الخ، او بدون ازالة طبقة من المعدن (رايش) بالقص بالمقص او بالقصافة و يستعمل لقص الصاج و الالواح الرقيقة التى لا يزيد سمكها عن 0.5 مم المقص اليدوي .



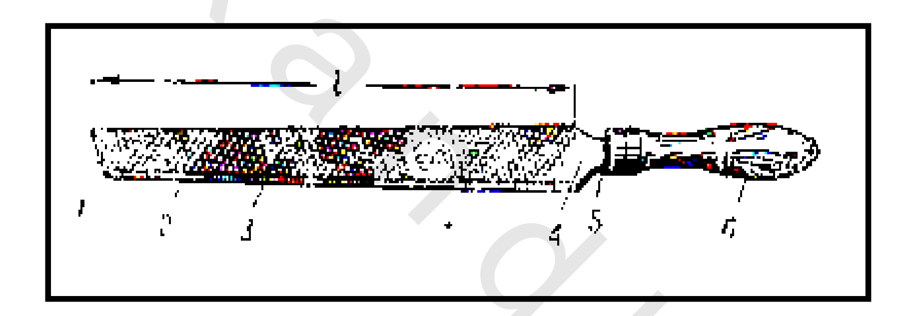
شكل رقم 230 ، المنشار اليدوى

و يستعمل لقص الالواح التى يصل سمكها الى 3 مم مقص مثبت على قاعدة خشبية او معدنية، وتستعمل لتقطيع القضبان والخوص المختلفة المقطع المناشير اليدوية (شكل 230)، و يتركب المنشار اليدوى من الاطار 1 و سلاح المنشار 2 و مسمار الشد ذى الصامولة المجنحة 3 و اليد 4 . و تستعمل لتقطيع القضبان التى يزيد قطرها عن 15 مم المناشير الميكانيكية و القرصية .

البرادة :

و تستعمل عندما يراد ازالة طبقة رقيقة من المعدن سمكها من 0.3 – 0.5 مم من على الجزء، وتحرى البرادة بواسطة المبرد، و المبرد عبارة عن خوصة من الصلب المصلد على سطحها صفوف متوازية من الاسنان الصغيرة .

و قد بينا شكل (231) مبردا مبططا يتكون من الطجرف 1 و الضلع 2 و الحد 3 و الكعب 4 و النصاب 5 و اليد 6 . و تصنع المبارد بمقاطع مختلفة – فمنها المبطط و النصف دائرى و الدائرى (ذيل الفأر) و المربع و المثلث و غيرها . و تنقسم المبارد حسب الاسنان القمطوعة و عددها بكل 1 سم طولى الى مبارد خشنة (1 – 14 سنة) و متوسطة (15 – 26 سنة) و ناعمة (30 – 40، 40 – 50، 50 – 63، 63 – 80 سنة) و يمكن الوصول عند العمل بالمبارد الخشنة الى دقة قدرها 0.25 مم و عد العمل بالمبارد المتوسطة و الناعمة يمكن الوصول الى دقة قدرها 0.005 مم . و تصنع المبارد من صلب العدة الكربونى المحتوى على 0.8 – 1.2 ٪ من الكربون .



شكل رقم 231 ، المبرد

الكشط و التلقيط:

هو عملية ازالة طبقة رقيقة من المعدن من على الجزء بكشطه بآلة خاصة هى المكشطة اليدوية (الرشكتة) .

و تستعمل المكشطة اليدوية لضبط مقاسات السطوح المزدوجة المحتكة معا باجزاء الماكينات – ككراسى محاور الانزلاق وموحهات ماكينات القطع وما أشبه، ويجب للحصول على سطح مضبوط اولا

بتحديد الاماكن البارزة بواسطة الزرهة المستوية او الجزء الكزدوج مع الجزء المشغل، فيغطى سطح الزهرة او الجزء المزدوج بطبقة رقيقة من البوية (السلاقون او الهباب او الزهرة المذابة فى الزيت) و يحرك الجزء المشغ مع ضغطه ضغطا خفيفا عليها (او تحرك الزهرة على الجزء المشغل) فى جميع الاتجاهات، فتصطبغ الاجزاء البارزة من الجزء بلون البوية . ثم تكشط الاماكن الملونة (البقع) بواسطة المكشطة اليدوية . و تكون البقع اولا كبيرة ثم تصبح باستمرار الكشط اصغر و يزداد عددها و تصبح باهتة ضحلة، وتبدأ نقط المعدن فى الظهور تحت طبقة البوية .

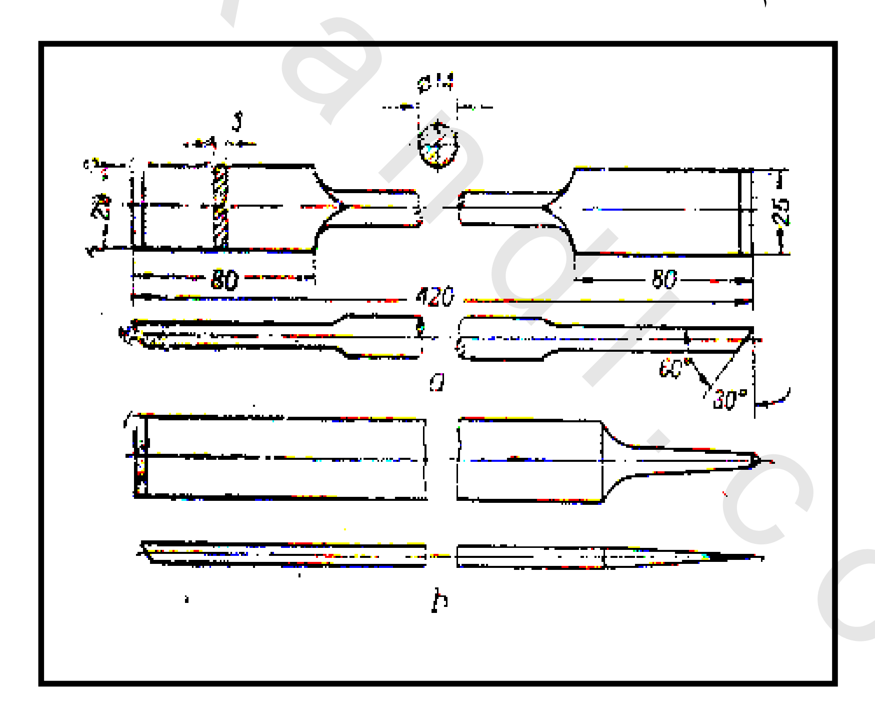
و يجب ان يكون السطح بعد الكشط مخططا بخطوط منتظمة غير عميقة والا تكون به خدوش عميقة للمكشطة و تحسب دقة التلقيط بحساب عدد البقع الموجودة داخل مربع مساحته 25 × 25 مم2، باستعمال اطار مربع للقياس يصنع من صاج رقيق او من الكارتون . ويجب بعد كشط سطوح موجهات البدن و عربات حامل الالة و الموائد ان تعطى عددا من البقع عند ضبط دقتها على الطلاء لا يقل عن 10 بقع داخل اطار القياس بالاجزاء المختلفة من السطح، ولماكينات القطع العالية الدقة، مالا يقل عن 16 بقعة و يجب ان تعطى جلب كراسى المحاور للاعمدة التى يصل قطرها الى 120 مم عند ضبط دقتها ملا يقل عن 12 بقعة .

وفى اغلب الاحيان تكون السطوح المشغلة بالتلقيط ذات شكل مستوى او اسطوانى و لذلك تستعمل لكشطها مكاشط مستوية او مثلثية او غيرها، وتصنع المكاشط بطرف واحد او بطرفين، وتصنع من صلب عدة صلدة و كثيرا ما تجهز من المبارد القديمة . و تستعمل

للكشط الخشن مكاشط عرض حدها 20 – 30 مم و للكشط الدقيق مكاشط بحد عرضه 15 – 20 مم .

و تستعمل لمكاشط الضيقة بعرض 5 – 12 مم للكشط الدقيق جدا . و بشكل (232، a) مشكطة يدوية معتادة مبططة بطرفين مصنوعة من قضيب مستدير من الصلب، وبشكل (232، b) مكشطة مبططة وحيدة الطرف مصنوعة من مبرد مبطط .

و تصنع زهرات المراجعة المستوية من الزهر الرمادى الدقيق الحبيبات ذى الصلادة 150 – 210 ر.ص.ب. و مقاسات الزهرات تتراوح حسب المواصفات القياسية السوفييتية من 100 × 200 الى 1000 × 1500 مم .



شكل رقم 232 ، المكاشط اليدوية (الرشكتات)

و التلقيط من العمليات التى تتطلب صبرا و وقتا كبيرين، اذ ان المكشطة تزيل بكل مرور لها عند التشغيل الدقيقة طبقة من المعدن سمكها يصل الى 0.01 مم، وفى الوقت الحاضر يحل محل التلقيط اليدوى بالتدريج التلقيط الميكانيكى على ماكينات مصممة خصيصا لذلك، ويجرى تشغيل السطوح الصغيرة اجهزة ذات محرك كهربائى معلق و مخفض للسرعة و عمود مرن و تركيبة لتحويل الحركة الدائرية الى حركة دائرية مستقيمة للمكشطة، وتجهز بنفس هذا المبدأ ماكينات خاصة للتلقيط الميكانيكى وتزيد سرعة الكشط على هذه الماكنيات على سرعة الكشط اليدوي بـ 20 – 30 ضعفا .

التحضين :

و الغرض منه هو زيادة دقة المقاسات او الحصول على درجة ملامسة السطح تمتاز باختفاء الخدوش و بلمعان كلمعان المرآة، ويجرى التحضين باستعمال معاجين و مساحيق تجليخ و كذلك باستعمال الزجاج المفتت .

و كلما كانت الدقة المطلوبة لاعمال التحضين اكبر كلما وجب استعمال مساحيق حبيباتها اكثر دقة، و يحدد حبيبات مساحيق التجليخ بنخلها فى مناخل مختلفة المقاسات و توصف برقم الحبيبة، ويتفق رقم الحبيبة مع عدد ثقوب المنخل الذى مر منه المسحوق بالبوصة الطولية، و تستعمل للتحضين المساحيق 220 – 60 N2، وتستعمل كمواد للتحضين معاجين ГОИ (المعهد الحكومى للبصريات) و بعض المعاجين الاخرى . و يدخل فى تركيب هذه المعاجين اكسيد الكروم (74 – 81 ٪) و عدد من المركبات الاخرى (السليكا و الستارين و الشحم المكسر و غيرها) . و تصنع معاجين ГОИ بنوعين،

خشن و متوسط للتحضين الاولى، ونوع دقيق للتحضين النهائى . و تستعمل كأدوات للنحضين الاقراص و الاسطوانات و المخاريط (المحضنات المتحركة) و الزهرات و الخوص و المواسير و الحلقات (المحضنات الثابتة)، المجهزة بشكل الاجزاء المحضنة، وتصنع المحضنات من الزجاج و الزهر الدقيق و الحبيبات و الصلب الطرى و النحاس الاحمر و النحاس الاصفر و الرصاص و الخشب (القيقب و الزان و البلوط) و يجرى التحضين فى الوقت الحاضر اساسا على ماكنيات خاصة للتحضين .

الثقب :

و هو كما ذكرنا مسبقا ان عملية فتح الثقوب فى الاجزاء بواسطة آلة قاطعة (البنطة) تتحرك حركتين فى آن واحد – حركة دورانية حول محورها (حركة القطع) و حركة انتقالية فى اتجاه المحور (حركة التغذية) . و قد وضحنا المفاهيم الاساسية لعملية الثقب و عناصر البنطة باختصار فى الباب التاسع و العشرون فى بند (ماكينات الثقب (المثاقيب)) ولذلك سنشرح هنا الخصائص المميزة للثقب فى اعمال البرادة فقط .

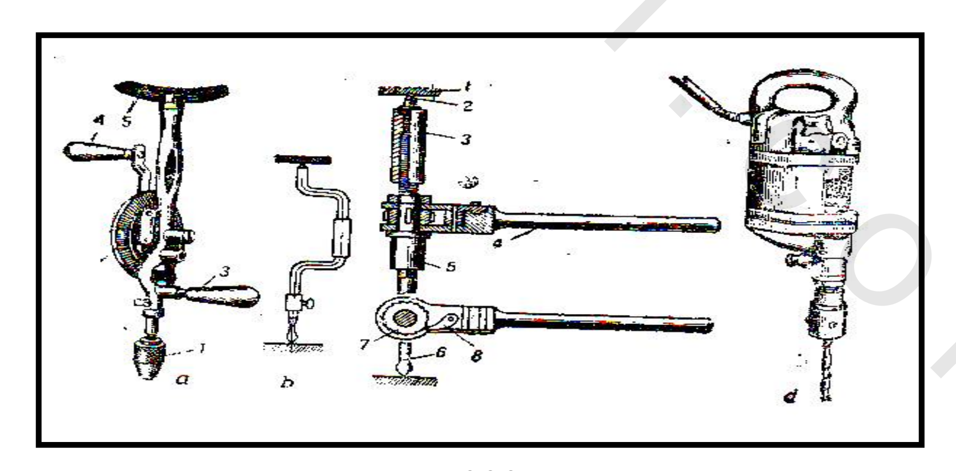
و يجرى فتح الثقوب عند القيام باعمال البرادة غالبا على المثاقيب و مع ذلك فان عمليات الثقب عند القيام بالتجميع و خاصة عند تجميع الماكينات الكبيرة تجرى عادة يدويا ، وتستعمل لادراة البنطة عند الثقب اليدوى المثاقيب اليدوية المختلفة كالمثقاب ذى المرفق و المثقاب بآلية سقاطة و المثقاب اليدوى فى التروس، كما يستعمل فى الوقت الحاضر المثاقيب الهوائية و الكهربائية . و بشكل (233، a) مثقاب يدوى بتروس لفتح الثقوب يدويا بواسطة المقاب اليدوى تثبت

البنطة فى الظرف 1 و يضغط باليد اليسرى على اليد 3 و بالصدر على المسند 5 و تدار اليد 4 لتركيبة التحريك الترسية 2 باليد اليمنى .

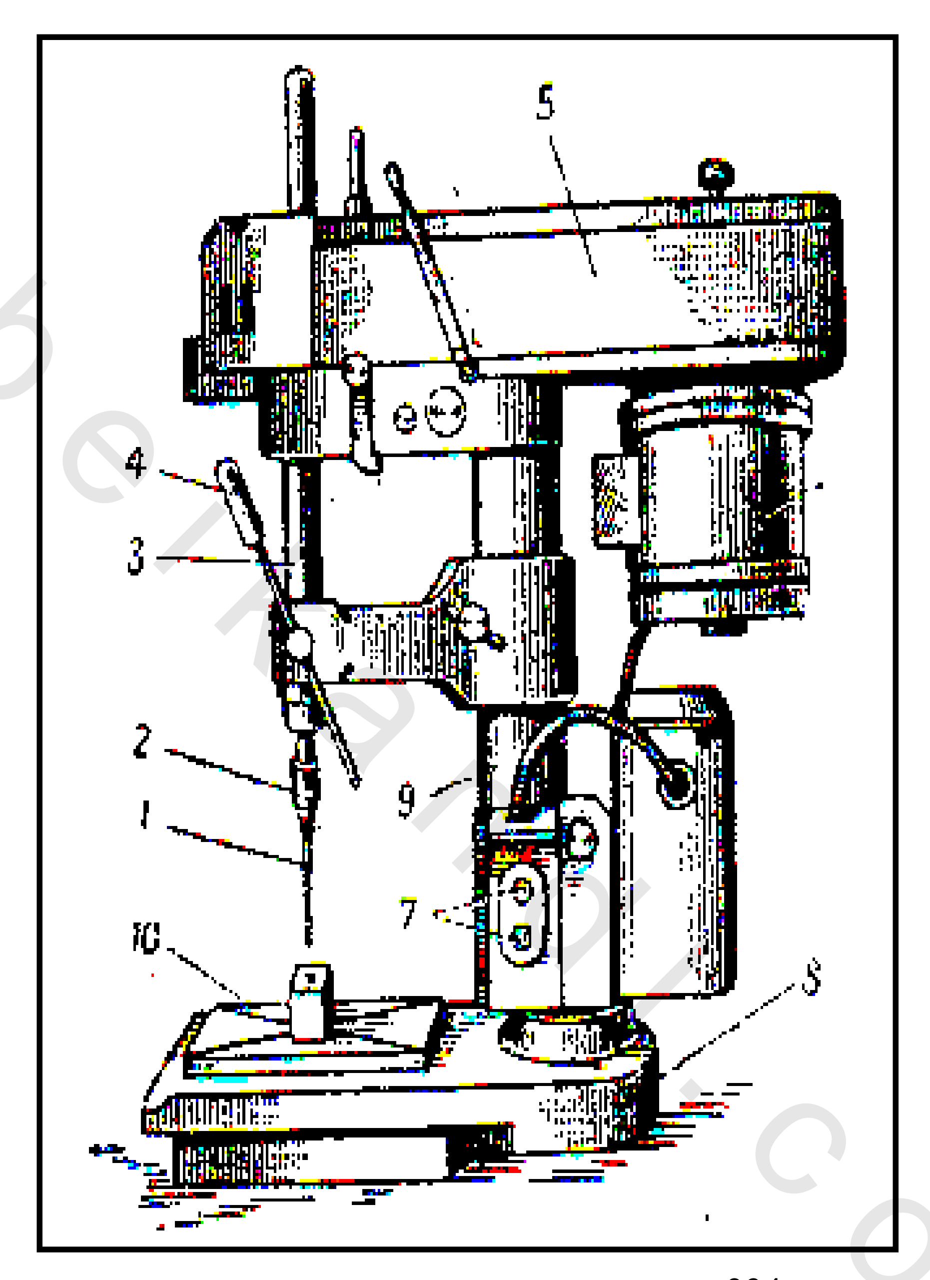
و بشكل (233، b) مثقاب يدوى مرفقى يمكن بواسطته فتح الثقوب يدويا ، وتستعمل المثاقيب اليدوية الترسية و المرفقية لفتح الثقوب بقطر حتى 12 مم . بشكل (233، c) مثقاب يدوي بآلية سقاطة .

و عند الثقب بهذا المثقاب يثبت المسند العلوى 2 فى قامطة 1 و تركب البنطة 6 فى مركز ثقب الظرف 5 ثم تدار اليد 4، و عند دورانها فى الاتجاه العكسى تنزلق السقاطة 8 على اسنان الترس 7 . و بعد كل دورة لليد 4 تقرط الصامولة 3 لكى تضغط على البنطة و تساعد على تغلغلها فى الثقب المفتوح .

و تعمل المثاقيب البنيوماتية بضغط الهواء عند 5 – 6 ض.جـ و هذه المثاقيب مريحة فى الاستعمال و هى صغيرة و خفيفة ، و تستعمل على نطاق واسع فى اعمال البرادة مثاقيب التزجة الرأسية و الدف بالاضافة الى المثاقيب الاخرى لفتح الثقوب .



شكل رقم 233 ، ادوات الثقب



شكل رقم 234 ، ثقتبة نضد (تزجة) سريع رأسى :

1- المثقب . 2- الظرف . 3- المحور . 4- يد التغصية اليدوية . 5- غطاء السير.6 - المحرك الكهربائى . 7- ازرار التشغيل . 8- البدن .

9- القائم الرأسى .10 – المائدة .

و بشـكـل (234) بينـا مثقـاب تزجـة رأسـى سـريع، ويمكـن تغـيير سـرعة دوران المحـور بالمثقـاب بواسـطة طـارات مدرجـة صـغيرة، والتغذية به يدوية، والادارة بواسطة محرك كهربائى بفلانشة، وللمحور 10 سرعات للدوران من 50 الى 4320 لفة / الدقيقة .

تشغيل الثقوب بالبرغل :

عبـارة عـن عمليـة تشـغيل تشـطيب للثقـوب المفتوحـة ولا يمكـن بواسطة بنطة الثقب الحصول على سطح مضبوط و املس للثقب، ولذلك يجب عندما نحتاج الى الحصول على ثقب دقيق املس ان يفتح الثقب اولا بواسـطة البنطـة بقطـر اق بقليـل مـن القطـر المبين علـى الرسـم ثم يشـطب الثقب بواسطة البرغل حتى يصل الى المقـاس المطلوب بعد مـرور واحـد او اثنين . و تكـون جـدران الثقـب بعـد تشـطيبه بالبرغل ملسـاء ذات شـكل اسـطوانى مضبوط . و احيانـا يوسـع الثقب قبل تشـطيبه بالبرغـل (انظـر صفحة 500) .

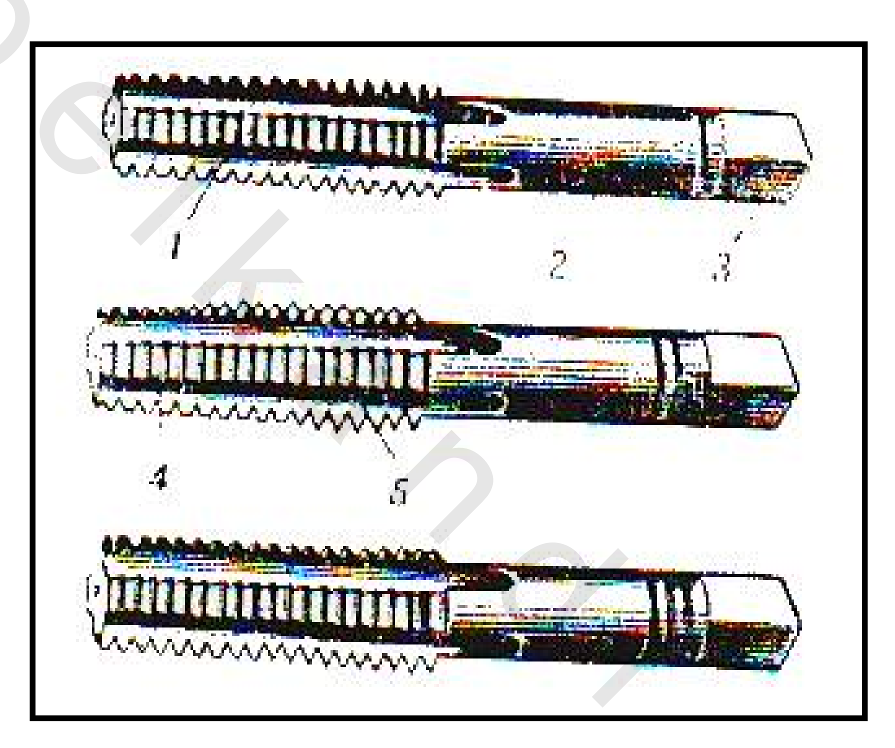
قطع اللوالب :

و هو من العمليات المنتشرة بالبرادة، و يمكـن قطـع اللولـب علـى مـاكينـات القطـع (انظـر صفحة 495) او يـدويا، وتسـتعمل عنـد البـاردة اساسـا ادوات قطـع اللوالـب اليدويـة، و قـد اوردنـا بصـفحة 494 بعـض المفـاهيم عـن اللولـب و عناصـره و شـكله الجـانبى باختصـار، عنـدما شرحنا قطع اللوالب، و لذلك سنوضح هنا بعض خصائص قطع اللوالب فى اعمال البردة .

و قد تكون عناصر الوصلة اللولبية بلولب خارجى (مسمار) او بداخلى (صامولة)، وبالتالى فان آلات قطع اللوالب تتقسم الى الات لقطع

اللولب بالثقوب و آلات لقطع اللوالب على السطوح الاسطوانية (القضبان و المسامير و الجاويطات) .

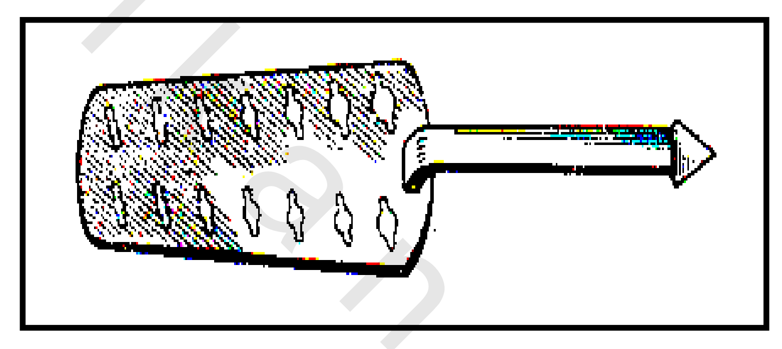
و الالات الرئيسية لقطع اللوالب فى اعمال البرادة هى ذكور اللولب لقطع اللوالب بالثقوب و كفوف اللولب لقطع اللوالب على القضبان و المسامير و الجاويطات و المواسير .



شكل رقم 235 ، ذكور اللوالب (القلاووظ) اليدوية

و ذكر اللولب عبارة عن مسمار لولبى مزود بعدد من القنوات الطولية المستقيمة او الحلزونية ، التى تكون له حدودا قاطعة (شكل235) .

و بذكر اللولب جزء عامل 1 و نصاب 2 لتثبيتا الذكر فى الظرف او يد الادراة . و يكون شكل النصاب 3 بذكور اللولب اليدوية مربعا لتثبيته فى يد الادراة . و الجزء العامل للذكر هو الذى يقوم بالقطع، ويتكون بدوره من جزء مسلوب 4 و جزء عيارى 5، ويقوم الجزء المسلوب بقطع اللولب فى حين يقوم الجزء العيارى بضبط اللولب وتنظيفه . ويقطع اللولب فى الثقوب بواسطة مجموعة من ذكور اللولب . و تتكون محموعة ذكور اللولب من 3 او 2 من الذكور – ذكر تخشين و متوسط و تنعيم .



شكل رقم 236 ، كفة اللوالب (القلاووظ)

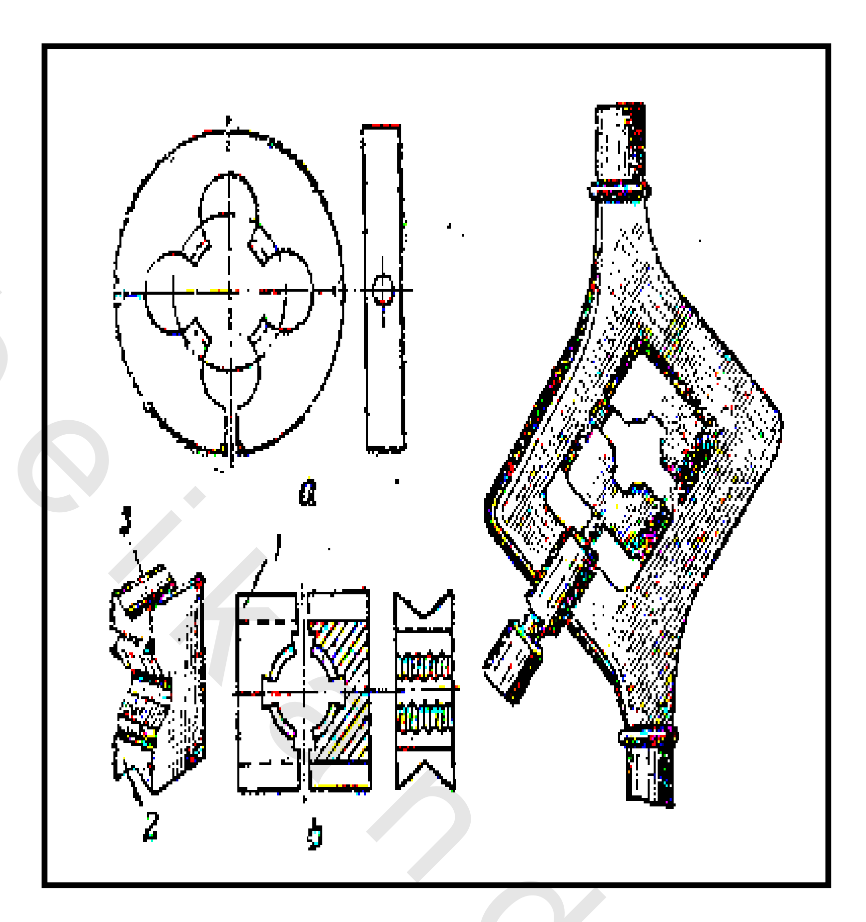
و تختلف ذكور اللولب بالمجموعة عن بعضها بزيادة القطر تدريجيا من احدهما للاخر : فالذكر الاول (التخشين) يقطع طبقة كبيرة من المعدن (رايش) بالثقب الاملس، والثانى (المتوسط) يقوم بتنظيف اللولب تنظيفا قبل نهائى، و اخيرا يقوم الذكر الثالث (التنعيم) بمعايرة اللولب . و يكتب على نصاب الذكور رقم يدل على كل منها لتمييزها فيما بينها بالمجموعة .

و كفة اللولب الكثيرة الثقوب (شكل 236) عبارة عن كفة من الصلب مزودة بيد و بها ثقوب ملولبة مختلفة القطر، ولكل قطر

للمصنوعة عادة ثقبان بالكفة ، اولهما للقطع الخشن (المبدئى) للولب، والثانى للقطع الناعم بالقطر المضبوط، وبكل من الثقوب مشقبيتان لتكوين الحدود القاطعة بالثقوب الملولبة و لتسهيل خروج المعدن المزال على شكل رايش .

و كفوف اللولب المعتادة تنقسم حسب تصميمها الى كفوف مستديرة و منشورية . و كفة اللولب المستديرة (شكل 237، a) عبارة عن صامولة مستديرة بها ثقب ملولب و عدد من القنوات لتكوين الحدود القاطعة و لخروج المعدن المزال على شكل رايش عند قطع اللولب .

و تقطع اللوالب على قضبان و المسامير و الجاويطات و المواسير بواسطة كفوف اللولب بتمريرها مرة واحدة بواسطة يد الادارة ذات الثقب الاسطوانى . بعد تآكل لولب الكفة يقطع بها شق من احدى الجهتين و يمكن ضغط الكفوف المشقوقة حتى يصل مقاس اللولب بها الى قيمته الاولى بواسطة المسامير الموجودة بيد الادارة . و تستعمل لقطع اللوالب يدويا الادارة . و تستعمل لقطع اللوالب يدويا كفوف قلاووظ منشورية (شكل 237، b) تتركب من نصفين 1 (شكل 237، c) . و بالنصف قناتان نصف اسطوانيتان او مثلثتان 2، 3 تدخلان فى موجهات الاطار . و يمكن بواسطة مسمار الاطار تحريك احد نصفى الكفة 1 و ضبطه فى الوضع اللازم للقطع بالقطر المطلوب .



شكل رقم 237 ، كفوف اللوالب (القلاووظ)

و الاختيار الصحيح لقطر البنطة عند قطع اللوالب فى الثقوب ذواهمية بالغة فاذا كان قطر الثقب المفتوح اكبر من اللازم فان اللولب الناتج تكون اسنانه ناقصة ، واذا كان قطر الثقب اصغر من اللازم فان اللولب يتلق او ينكسر ذكر اللولب عند قطعه .

و يؤخذ قطر البنطة للثقب استعدادا لقطع اللولب من جداول خاصة و معظم عمليات البرادة بالتجميع و الاصلاح (كالثقب و قطع

اللوالب و تركيب مسامير الجاويط و المسامير و الصواميل) بالصناعات الميكانيكية الحديثة ممكننة . و تستعمل على نطاق واسع فى اعمال البرادة لتخفيف الجهد البدنى و لرفع الانتاجية المثاقيب الكهربائية و الهوائيــة و رؤوس كهربائيــة و هوائيــة خاصــة ذات محــاور دائــرة، وماكينات للكشط و البرادة و التحضين و التلميع . و تجهز معظم الاجزاء القياسية للتجميع (كمسامير الجاويط و المسامير الملولبة بدون صواميل و المسامير ذات الصواميل و الورد و الصواميل) على الماكينات الاوتوماتيكية لخراطة و قطع اللولب بالمسامير و الصواميل، وغيرها .





الفصل الحادى والثلاثون

مفهوم الطرق الكهربائية لتشغيل المعادن



تجرى ازالة المعدن فى مكان التشغيل بالمصنوعة عند استعمال الطرق الكهربائية نتيجة لتأثير التيار الكهربائى على السطح المشغل . ويمكن ان يكون تأثير التيار على شكل تسخين للمعدن الىدرجة انصهاره او علىشكل اذابة كهروكيميائية (مصعدية) . و لا يتطلب الامر عند تشغيل المعدن بالطرق الطهربائية التأثير عليه باى قوى ميكانيكية خارجية ، و بالتالى فان الخاصية المميزة مهما كانت صلادتها.

الطريقة الكهربائية الشررية لتشغيل المعادن :

و قد اكتشفها العلماء السوفييت و قد اقترح استعمالها فى الصناعة سنة 1943 . و تستعمل هذه الطريقة للتشغيل بنجاح للحصول على ثقب بمختلف الاسكال . و بمحاور منحنية او اقطار صغيرة جدا ، ولصناعة قوالب الكبس (الاسطمبات) و قوالب (عيون) السحب، والشقوق و المناخل الضيقة ، ولزيادة مقاومة سطوح الالات، ولاخراج البنط و ذكور اللوالب و الجاويطات و المسامير المكسورة من الثقوب، وللطبع و النسخ الكهربائيين و لغيرها من الاعمال .

تقوم الطريقة الكهربائية الشررية على مبدأ التآكل الكهربائى اى تآكل سطح المعدن تحت تأثير التفريغ الكهربائى الشررى .

و تتلخص فى ان الجزء المشغل و الالة يوصلان بتيار كهربائى ذى شدة و جهد معينين، وتعتبر الالة و الجزء قطبين، فاذا وصل الالة (المهبط) بالمصنوعة (المصعد) فان تفريغا كهربائيا يحدث فى مسافة معينة بينهما تحت تأثير المجال الكهربائى .

و يتكون بالمدى الضيق (نحو 0.05 مم عندما يكون الجهد 220فولت و السعة 300 – 500 ميكروفاراد تيار الكترونى شديد ، ينقل كمية كبيرة من الكهرباء، وتنشأ فى مكان التفريغ درجة حرارة عالية (نحو 10000 °) تصهر و قد تبخر اى معدن، ناثرة اياه علىشكل جزيئات سائلة (نقط) . ومدة التفريغ الشررى للمسافة قصيرة جدا (0.0001 – 0.00001 ثانية) و فى هه المدة لا تنتشر الحرارة التى تنشأ فجأة الى الطبقات العميقة لمعدن المصنوعة، ولذلك فانطبقة صغيرة جدا سمكها حوالى 0.02 – 0.1 مم هى التى تتعرض للتآكل الكهربائى .

و تملأ المسافة الشررية بسائل (الكيروسين او الزيت) لكى لا تنتقل جزيئات المعدن المنتزعة من القطب المصنوعة الى القطب الالة مشوهة اياه. و يوقف الوسط السائل طيران الجزيئات المعدنية و يغسلها بعيدا عن منطقة التشغيل . و ينتزع كل تفريغ من القطب المصنوعة كمية معينة من المعدن يتوقف مقدارها على كمية الكهرباء بالتريغ .

و تتغير شدة و مدة التفريغ الكهربائى حسب السعة و شدة التيار و جهد مصدر التغذية و تركيب مادتى القطبين (قطب الالة – المهبط و قطب المصنوعة – المصعد) و تركيب و حالة الوسط العامل للمدى الشررى بين الالة و المصنوعة .

و يوقم المكثف بتخزين الطاقة ثم افرازها مرة واحدة علىشكل تفريغ شررى شديد ، و تترواح سعة المكثفات المستعملة بالطريقة الكهربائية الشررية لتسغيل المعدن من 0.25 الى 600 ميكروفاراد ، و تؤخذ شدة التيار و الجهد حسب نوع التشغيل فللحصول على ثقوب : 0.2 – 30 امبير و 80 – 220 فولت، ولزيادة مقاومة

السطوح و التغطيات : 0.2 – 7 امبير و 40 – 160 فولت، و عند التجليخ و السن و التحضين و القطع : 0.2 – 300 امبير و 10 – 70 فولت .

و تستعمل كاقطاب عند تشغيل الثقوب النحاس و الزهر والنحاس الاصفر و المسحوق المكبوس من الجرافيت و النحاس و يشاب احيانا بالرصاص .

و يمنع الوسط العامل للمدى الشررى تحول الشرر بين الالة – المهبط و المصنوعة – المصعد الى قوس كهربائى، ويضمن سهولة ابعاد فضلات التشغيل (جزيئات المعدن) من منطقة التفريغات الشررية، ويستعمل كوسط عامل عند تشغيل الثقوب بالكيروسين و اليت، وعند لتجليخ و السن و التحخضين الزيت و محاليل الاملاح و الهواء المضغوط و الزجاج السائل .

و يؤثر مقدار السعة و شدة التيار و فرق الجهد و تركيب مادة الالة (المهبط) و الوسط العامل على الانتاجية و جودة السطح المشغل للمصنوعة و تزداد ملامسة السطح عند تقليل السعة وشدة التيار و فرق الجهد .

و تتركب تركيبة التشغيل بالشرر الكهربائى من ماسك الالة القطب، و تركيبة التغذية و المائدة و عليها المصنوعة – القطب و الجزء الكهربائى، و توصل الالة (المهبط) بالقطب السالب (-) لدائرة التيار المستمر بالتركيباتالشررية الكهربائية، وتوصل المصنوعة (المصعد) بقطبها الموجب (+)، و تكون مهبطا فى جميع عمليات التشغيل الشررى الكهربائى للمعادن فيما عدا علميات التغطية و زيادة المقاومة .

و بشـــكل (238، a) تركيبـــة بســـيطة للتشـــغيل بالشـــرر الكهربائى، مصممة على اساس ماكينة ثقب رأسية بسيطة، و تركب بالثقب المخروطى للجزء الاسفل من المحور 1 جلبة انتقال عازلة 2 تركيبا مركزيا و يركب على السطح المخروطى للطرف الاسفل لهذا الجلية 2 ظرف متمركز 3 لربط الالة – القطب 4 . و يوصل الظرف 3 (اى الالة – القطب 4) بالسلك 5 . و يمكن تغذية المحور 1 و معه الالة – القطب تغذية يدوية 4 كبيرة بواسطة العجلة 6 و تغذية صغيرة بواسطة اليد

7، و تقوم هاتان التغذيتان بتحريك المحور رأسيا الى اعلى و الى اسفل فقط دون دوران .

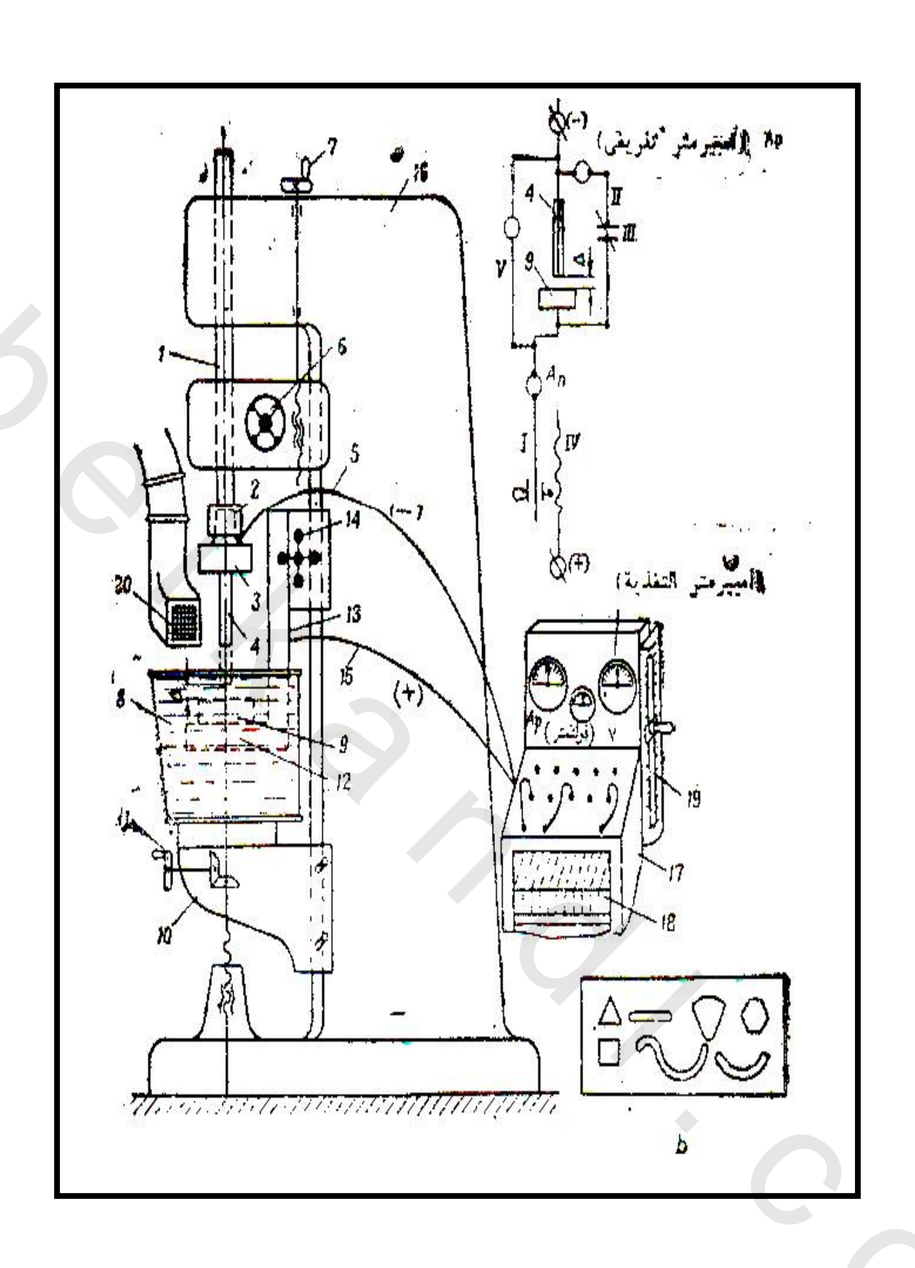
و يركب الحمام 8 الذى توضع به المصنوعة المشغلة 6 على مائدة 10 ماكينة الثقب . و يملأ بالكيروسين او الزيت او غيرهما من الاوساك العاملة، ويمكن تحريك المائدة و عليها الحمام رأسيا الى اعلى و اسفل بواسطة اليد 11 لضبط وضع الحمام و السائل بالنسبو للمصنوعة 9 . و يجب ان يكون سطح السائل اعلى بـ 80 – 100 مم من السطح العلوى للمصنوعة . و تركب المصنوعة المراد فتح ثقب مختلف الشكل و التعقيد بها على المائدة 12 المتصلة بالحامل 13 و تحرك المائدة 12 و عليها المصنوعة 9 بالحام 8 .

و يمكن تحريك الحامل 13 و معه المائدة 12 فى الاتجاه الافقى بواسطة العجلة 14، لضبط موضع المصنوعة 9 بالنسبة للالة – القطب 4 . و توصل المائدة 12 و عليها المصنوعة 9 معزولتان بوواسطة لاينة خاصة عن الحامل 13 و بدن الماكينة 16 .

و يوجد بالقرب من الماكينة لوحة التحكم 17 . و بالجزء السفلى من اللوحة تثبت المقاومة المتغيرة (الريوستات) 19 من النوع المنزلق، ويجرى التحكم فى السعة بمفتاح المكثفات الموجود بالجزء الاوسط من اللوحة 17، و تسحب الغازات التى تتولد بالوسط العامل الى ماسورة التهوية 20 .

و يمكن تحويل التغذية اليدوية للمحور 1 و الالة – القطب 4 بالتركيبة المبينة بشكل (238، a) بسهولة الى تغذية اوتوماتية و ذلك بادخال مرحل خاص يركب فى دائرة التغذية وضبطه بقيمةمتوسطة لشدة التيار .

و بشكل (238، b) الدائرة الكهربائية للتشغيل الشررى الكهربائى، وتسمى الدائرة 1 و بها الامبيرمتر An بدائرة التغذية، وتسمى الدائرة 11 و بها الامبيرمتر Ap و المكثفات III بدائرة التفريغ او بالدائرة العاملة الاساسية . و يجرى التحكم فى شدة التفريغ الشررى بين الالة – القطب 4 و المصنوعة – القطب 9 و مدته بمفتاح توصيل و فك المكثفات III، والمقاومة المتغيرة IV و بتغير الجهد، و يقاس بالفولتمتر V، وبتغيير تركيب مادة الالة – القطب 4 و الوسط السائل بالمدى الشررى . و يتوقف مرور التيار الى التركيبة بعد الحصول على الثقب . و بشكل (238، b) بينا اشكال مختلفة للثقوب الواجهية بمصنوعة من الكاربيد الصلد فتحت بواسطة الات – اقطاب من النحاس الاصفر بالطريقة الشررية الكهربائية .



شكل رقم 238 ، رسم تخطيطي لماكينة بسيطة التشغيل بالشرر الكهربائى

الطريقة المصعدية الميكانيكية لتشغيل المعادن :

و هى واحدة من الطرق الكهربائية التحليلية ، وتمتاز بطريقة فريدة لاستغلال الطاقة الكهربائية و ظاهرة الاستقطاب التى تصحب التحليل الكهربائى . و قد بحثت الطريقة المصعدية الميكانيكية للتشغيل فى الاتحاد الوسفييتى فى نفس الوقت الذى بحثت فيه الطريقة الكهربائية الشررية تقريبا ، وتستعمل الطريقة المصعدية الميكانيكية لقطع خامات المصنوعات و سن الات القاطعة من الكاربيدات الصلدة و التجليخ و تحضين قوالب الكبس (الاسطمبات) و غيرها من الاشكال المشابهة للتشغيل .

و تتلخص الطريقة المصعدية (الانودية) الميكانيكية لتشغيل المعادن فى ان المصنوعة الجارى تشغيلها توصل بالقطب الموجب (+) لمصدر التيار المستمر، و توصل الالة بقطبه السالب (-) . و يدفع فى الخلوص بين الالة و المصنوعة المشغلة سائل عامل خاص يتصف بتكوينه على سطح المصنوعة لغشاء ردئ التوصيل للتيار الكهربائى . و تحرك الالة (تنزلق) على المنطقة المشغلة من سطح المصنوعة فتزيل جزءا كبيرا من الغشاء، وتنشأ حسب النظام الكهربائى عمليات مختلفة لازالة المعدن من على المصنوعة ، فعندما يكون فرق الجهد صغيرا تحدث عملية اذابة كهروميكانيكية (انودية او مصعدية) للمعدن، وعندما يكون فرق الجهد كبيرا و شدة التيار كبيرة يحدث التأثير الحرارى للتيار الكهربائى . وفى هذه الحالة ينصهر المعدن على سطح الجزء و ترتفع سرعة ازالته بالنسبة الى السرعة عند الاذابة الكهروميكانيكية بشدة، و هكذا فان الطريقة المصعدية الميكانيكية لتشغيل المعدن مبينة على استخدام التأثيرات الكهروميكانيكية و الحرارية للتيار الكهربائى .

و تحدد سرعة ازالة المعدن بالتشغيل المصعدى الميكانيكى بالعوامل الكهربائية و الميكانيكية لهذه العملية، والعوامل الكهربائية هى شدة التيار على المصعد، وفرق جهدى الالة المصنوعة و من العوامل الميكانيكية ضغط الالة على السطح المشغل و سرعة تحريكها، وشدة التيار هى العامل الحاسم المؤثر على جودة السطح المشغل بعملية التشغيل المصعدى الميكانيكي، وعندما تكون شدة التيار صغيرة و تجرى ازالة المعدن بالاذابة المصعدية نحصل على سطح عالى النظافة بلمعان كلمعان المرآة و ارتفاع الخشونات من 0.2 – 0.3 ميكرون .

و بزيادة شدة التيار يزداد دور العملية الكهروحرارية و يصبح السطح المشغل اكثر خشونة بارتفاع للخشونات من 70 – 100 ميكرون .

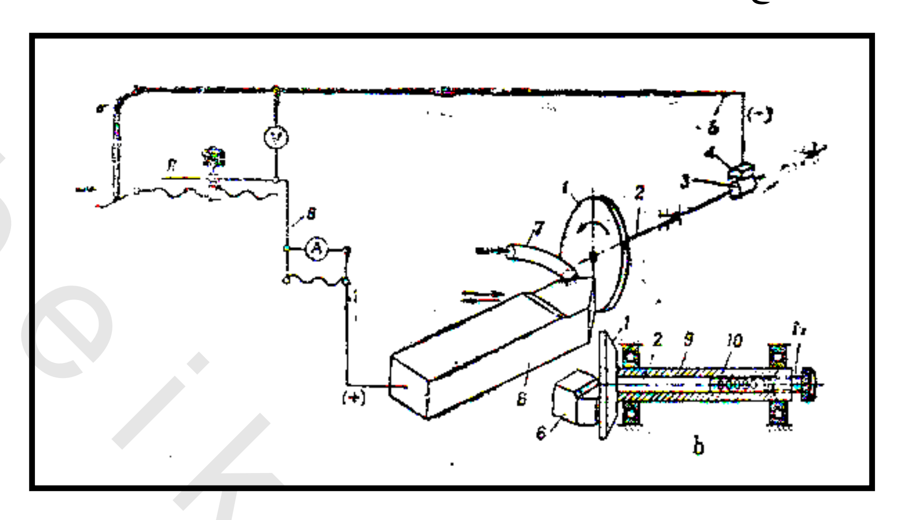
و فى هذه الحالة يؤدى انتزاع المعدن المنصهر على شكل جزيئات كبيرة نسبيا الى زيادة خشونة السطح، وتعطى هذه الطريقة نتائج جيدة بالذات عند تشغيل السبائك الصلدة .

و بشكل (239، a) اوردنا رسما تخطيطيا للسن المصعدى الميكانيكي لاقلام القطع . و يركب على محور الماكينة 2 قرص (الالة) 1، يتلقى الدوران بواسطة سير محرك كهربائى، وتتصل بحلقة التماس 3 الفرشة 4 و السلك 5 . و يتلامس القلم 6 مع طرف القرص 1 بسطحه الخلفى الرئيسى، ويدفع بالسائل العامل فى الخلوص بين طرف القرص 1 و السطح الخلفى الرئيسي للقلم 6 بواسطة الماسورة و الفونية 7، ويتصل القلم6 بالسلك 8 . و لتغيير نظام السن ادخل فى دائرة التغذية الريوستات R و بالدائرة الكهربائية اميرمتر A و فولتمتر V لقياس شدة التيار و فرق الجهد .

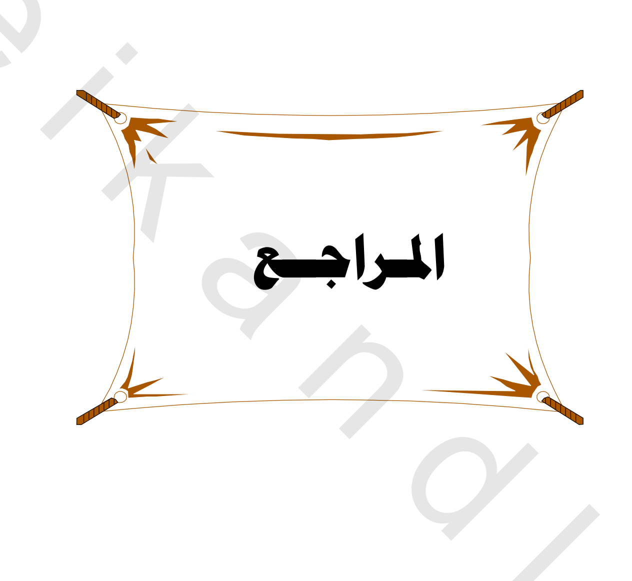
و المحـور 8 مركـب بثقـب جلبـة المحـور 9 (شـكل 239، b)
وبداخلـها مـن اليمين نـابض 10 و يسـتعمل النـابض لضبـط ضغـط طـرف القرص 1 على السطح المشغل بالقلم 6 .

و هـكذا فـان الطريقـة المصعدية الميكانيكيـة تسـمح بواسـطة تغيير نظـام العمـل بـالتحكم فـى ملامسـة السـطح المشـغل وسـرعة ازالـة المعدن . و يكون فرق الجهد بهذه الطريقة للتشغيل من 10 – 30 فولت، و تتوقـف شـدة التيـار علـى مسـاحة السـطح المشـغل و نـوع العمليـة ، وتصـل شدة (كثافة) التيار الى1 – 2 امبير/ سم2 عنـد تحضـين الاقـلام و الى 300 – 400 امـبير/ سـم2 عنـد تقطيـع خامـات المصـنوعات، و تؤخـذ السرعة المحيطية لدوران الالة (القرص) فى الحدود من 8 – 20 مترا / الثانية . و يصل شدة ضغط الالة (القرص) على السطح المشغل الى 0.5 – 2.0 كجـم/ سـم2 . و تسـتعمل فـى الوقـت الحاضـر بالصـناعة ماكينـات مصعدية ميكانيكية منهـا مـا هـو ماكينـات حكيـة مجـددة ومنهـا ماكنيـات مصـعدية ميكانيكيـة مجهـزة خصيصـا لهـذا الغـرض . وتدخل بالماكينات المجددة رأس جديـدة للمحـور، معزولـة كـهربائيـا عـن جسـم الماكينـة و بهـا مـاص للصدمات المحوريـة بـالمحور، و حلقـة تمـاس لتوصيل التيـار، وبالاضافة لـذلك يركـب بالماكينـات خـزان سـعته 80 – 100 لتر للسائل العامل ومضخة كـهربائيـة لتغذيـة السـائل خـلال الفونيـة الى القرص و القلم، ولحة تحكم و مقاومة متغيرة (ريوستات) للتحكم فى النظام، و تركيبة للامان لحماية العامل و الماكينة من تناثر السـائل . و يدور المحور و القرص بسرعة 1000 – 1200 ل.ف.د. او اكثر، مما يعطى قطر 150 مم للقرص سرعة محيطيـة نحـو 8 – 10 مـتر/ الثانيـة،

و تصنع الاقراص من الالواح الصلب من الماركات 10 ، 15 و من الصاج و من الواح النحاس .



شكل رقم 239 ، رسم تخطيطي لجهاز السن المصعدى الميكانيكي لالات قطع المواسير


المراجع



1- Selection. In: Proc. Sudbury '99 Conf., Mining and the Environment .

2- Sassoon, M. (2000) Environmental Aspects of Mine Closure in Mine Closure and Sustainable .

3- Proceedings of a Workshop organised by the World Bank and the Metal Mining Agency .

4- Robinsky, E.I. (1979) Tailings Disposal by the Central Thickened Discharge Method for .

5- Development. In: Khanna, T. (Ed.) Mine Closure and Sustainable Development.

6-Wills, B.A mineral processing technology 5th Ed pergammon process (1992) .

8- علم المعادن د.   محمد عز الدين حلمي

9- الموســوعة العلميــة للحديــد والفــولاذ د. م. محمــد عــز الدهشان .





المحتويات